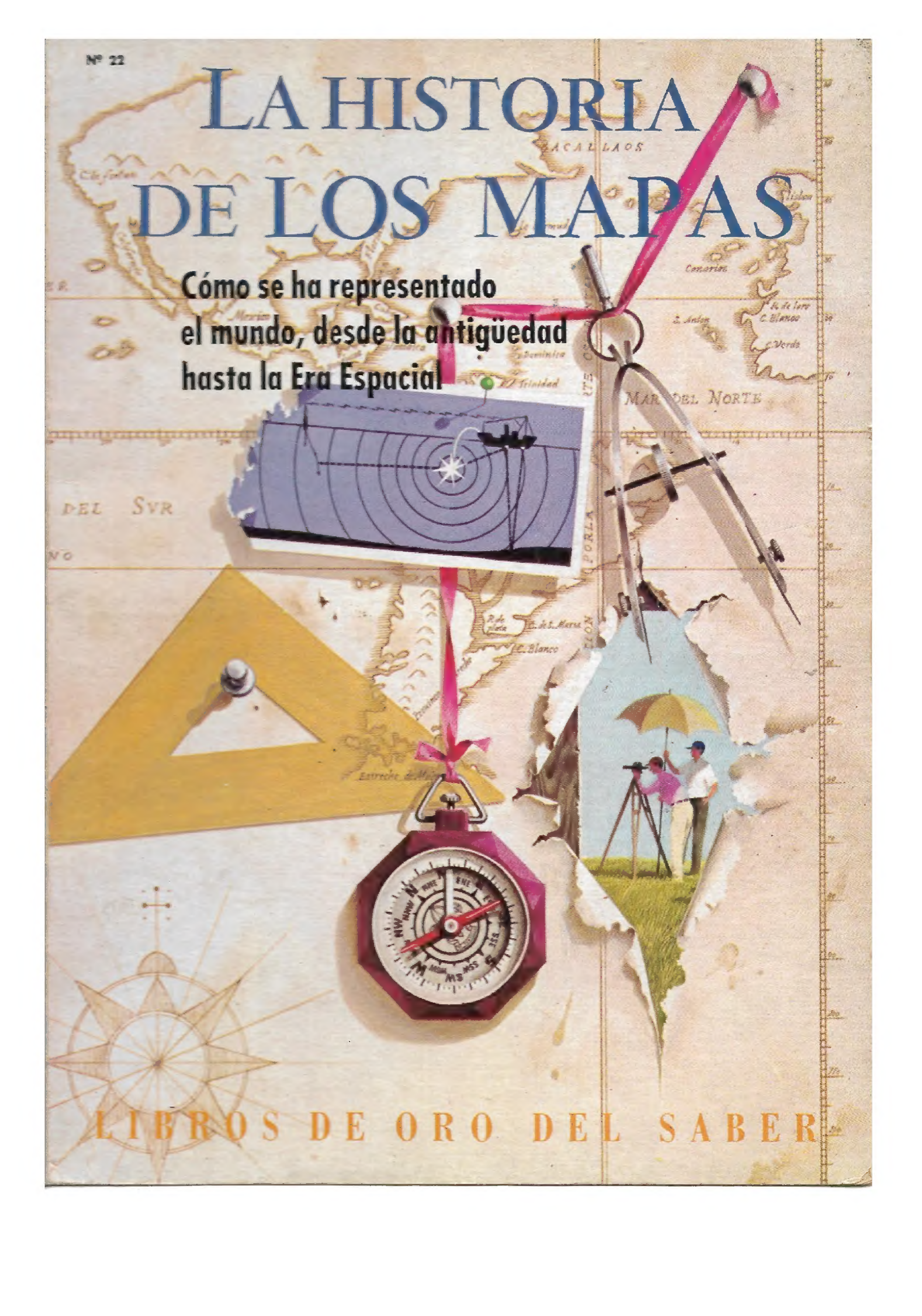


Nº 22
LA HISTORIA
DE LOS MAPAS
Cómo se ha representado
el mundo, desde la antigüedad
hasta la Era Espacial
MAR DEL NORTE
DEL SVR
Canarias
LIBROS DE ORO DEL SABER

HISTORIA DE LOS MAPAS

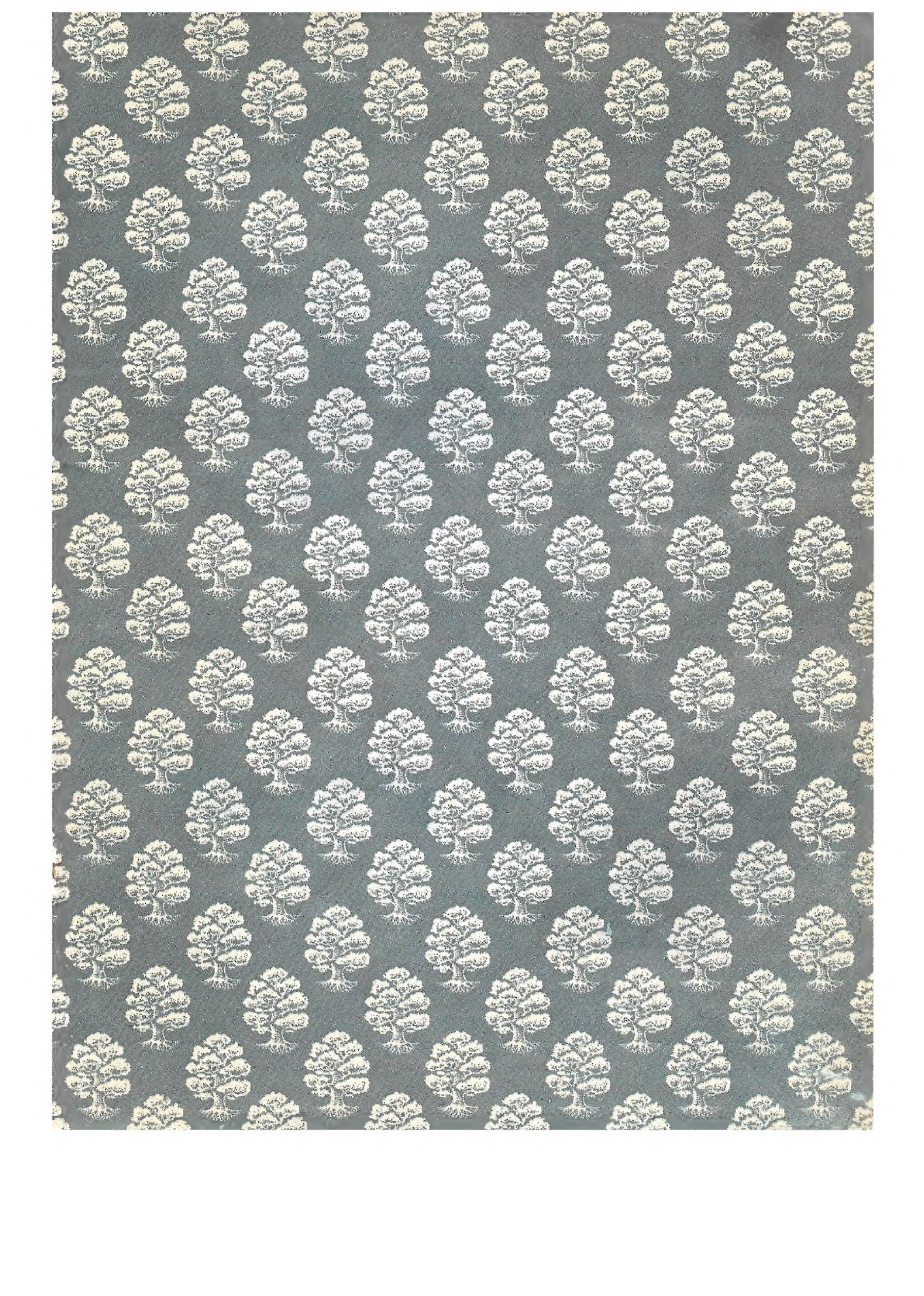


LIBROS DE ORO DEL SABER

Libros instructivos para lectores jóvenes
Ilustrados con fotografías
en color

Los Libros de Oro del Saber forman una colección de libros escritos especialmente para la generación actual de jóvenes que desean obtener información sobre temas apasionantes. Los libros están cuidadosamente revisados por autoridades reconocidas en la materia y su lectura es sencilla. Las fotografías en colores hacen una delicia de cada página. La colección se ha preparado bajo la dirección del doctor Herbert S. Zim, autoridad en el campo de la enseñanza científica y editor de la Guía de Oro de la Naturaleza.

Vea en la página 55 la lista completa de títulos





Historia de los Mapas

CÓMO SE HA REPRESENTADO EL MUNDO, DESDE LA ANTIGÜEDAD HASTA LA ERA ESPACIAL

Título de esta obra en inglés:
THE STORY OF MAPS AND MAP-MAKING

Texto de JAMES A. HATHWAY

Ilustraciones de HARRY McNAUGHT

Versión castellana de ILEANA VIDAURRI

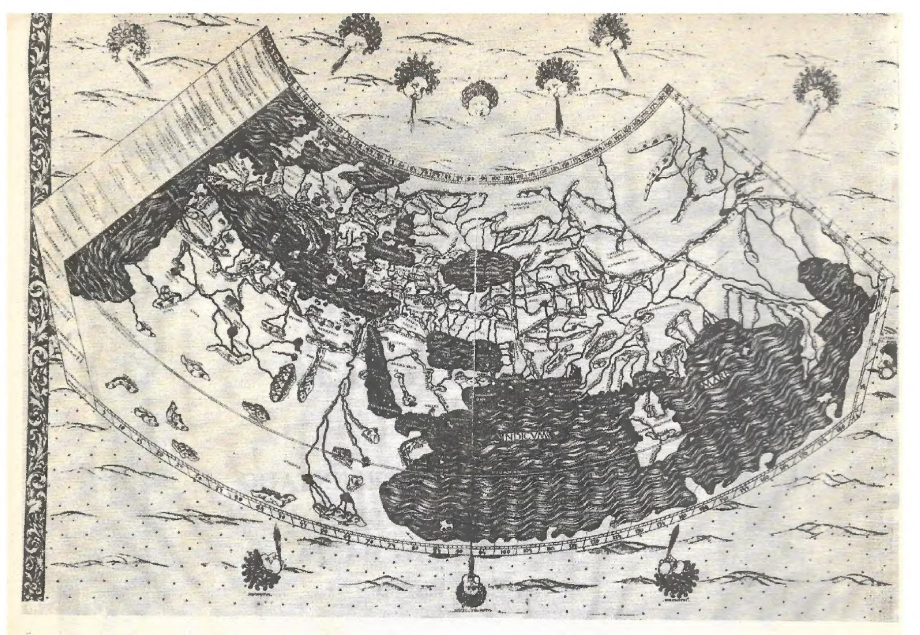


ORGANIZACION EDITORIAL NOVARO, S. A.

MÉXICO, D.F. (México) BARCELONA (España) BOGOTA (Colombia) LIMA (Perú) SANTIAGO (Chile)

Publicado por *Organización Editorial Novaro, S.A.*, Calle 5, No. 12, Naucalpan de Juárez, Estado de México, por arreglo exclusivo con *Western Publishing Company, Inc.*, de los E.U.A. Prohibida la reproducción total o parcial. Esta segunda edición de 20,000 ejemplares se terminó de imprimir el 18 de julio de 1972, en los talleres de la propia Editorial, en la misma dirección.

El emblema EN es marca registrada de Organización Editorial Novaro, S.A.



Los mapas de Ptolomeo, trazados en el siglo II, seguían utilizándose en la época de Colón

La Tierra en el Espacio

La historia de los mapas y la manera como se trazan, no sólo describe el progreso alcanzado por el hombre al descubrir nuevas tierras, sino que puede decirse que también registra la historia de la civilización moderna. Los mapas rudimentarios, trazados sobre pergamino, prepararon el terreno para los grandes exploradores y descubridores. En los mapas actuales se muestra la superficie terrestre con todos sus accidentes geográficos.

A pesar de disponer de algún mapa antes de embarcarse rumbo a Occidente, Cristóbal Colón no creía que la Tierra fuera totalmente redonda. En una carta que envió, después de su tercer viaje al Nuevo Mundo en 1498, a la reina Isabel I de España, decía: "...He observado tantas irregularidades, que he llegado a una conclusión distinta respecto a la forma de la Tierra; es decir, que no es esférica, como la describen, sino que tiene la forma de una pera..."

El descubrimiento del Nuevo Mundo se debió principalmente a dos errores de los geógrafos de aquella época. Colón pensaba que podría encontrar una ruta más corta para llegar a las Is-

las de las Especias si navegaba hacia Occidente. Su idea se basaba en los mapas de Ptolomeo (años 87-150 de nuestra era), el geógrafo griego, los cuales se utilizaban mucho entonces.

En esos mapas se representaba la circunferencia terrestre con un error de 11,265 kilómetros menos que su dimensión verdadera. También estaba equivocada la distancia entre el punto más oriental de Asia y el más occidental de Europa, ya que se suponía más corta de lo que verdaderamente es. Debido a estos errores, el Océano Atlántico no le pareció a Colón "ni demasiado grande ni demasiado infranqueable".

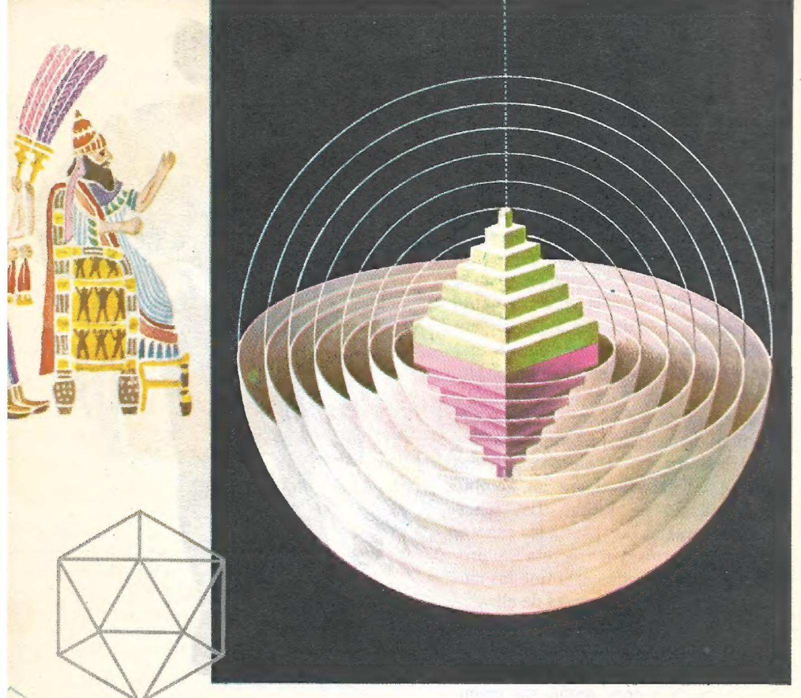
Los errores de Ptolomeo no nos sorprenden, ya que él era un hombre de ciencia, no un militar. Los romanos consideraban las distancias exactas como una información "secreta", y procuraban evitar a toda costa que los ciudadanos griegos se enterasen de ellas.

Mucho antes de Colón, se tenían ideas aún más extrañas respecto a la forma de la Tierra, y los hombres la trazaron en mapas según sus creencias. Nuestro planeta ha sido representado, en distintas épocas, como un cubo, un cono, un cilindro, un poliedro irregular, una espiral análoga a la cuerda de un reloj, una isla flotando en un mar infinito, y hasta como una llanura rodeada por un muro.

Los babilonios creían que la Tierra estaba formada por un par de pirámides rectangulares unidas en sus bases. La pirámide septentrional, es decir, la superior, tenía siete niveles,



Después de efectuar varios viajes al Nuevo Mundo, Colón llegó a la conclusión de que la Tierra no era esférica, sino que tenía la forma de una pera



Los babilonios representaban la Tierra por medio de dos pirámides. Creían que la superior estaba asociada con la vida y la luz, y la inferior con la oscuridad, la muerte y el mal

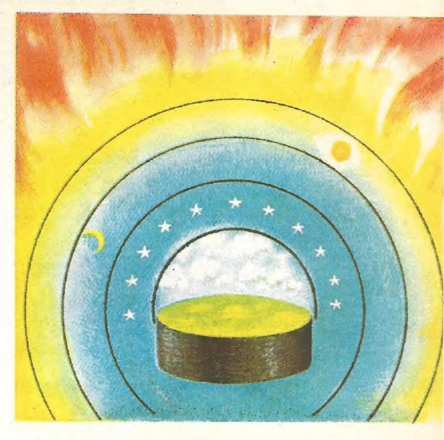
y la asociaban con la vida y la luz. La inferior la relacionaban con la oscuridad, el mal y la muerte. De este concepto hemos tomado la expresión "bajo mundo" para describir el mundo criminal: los bajos fondos de la humanidad.

Se cree que Anaximandro fue el inventor del primer mapa propiamente dicho. Este astrónomo griego creía que el mundo tenía la forma de un tambor, y que flotaba libremente en el espacio. Uno de los primeros hombres en declarar que nuestro planeta era esférico, fue Pitágoras (582-507 a. de C.). Sin embargo, durante más de mil años los marinos no lo tomaron en cuenta y siguieron considerando plana a la Tierra. Eran del mismo parecer que Cosmas de Alejandría, quien en el año 548 expresó que la Tierra sólo podía tener una faz, pues de no ser así, se caminaría cabeza abajo.

Mil años después, el navegante portugués Magallanes y los hombres de

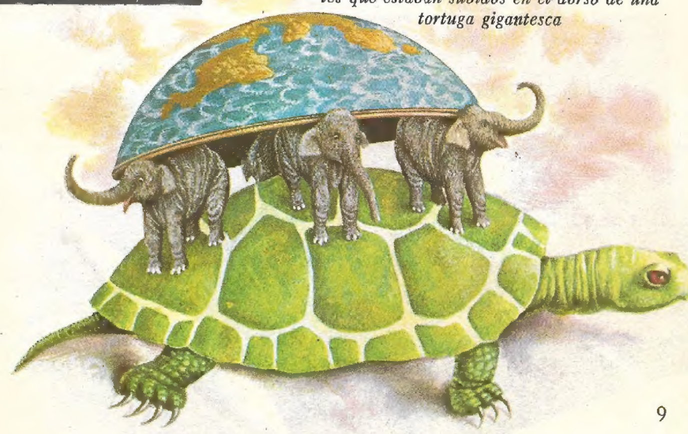
su tripulación demostraron, al dar la vuelta al mundo en tres años, que la Tierra era esférica. Hoy sabemos que nuestro mundo no es realmente esférico. Ancho en el ecuador, está ligeramente achatado en los polos debido a su movimiento de rotación. Más aún, su superficie no es ni siquiera regular: está llena de prominencias y hondonadas, a causa de las montañas y las cuencas de los mares. Recientemente se ha descubierto que el área del hemisferio sur es ligeramente mayor que la del hemisferio norte.

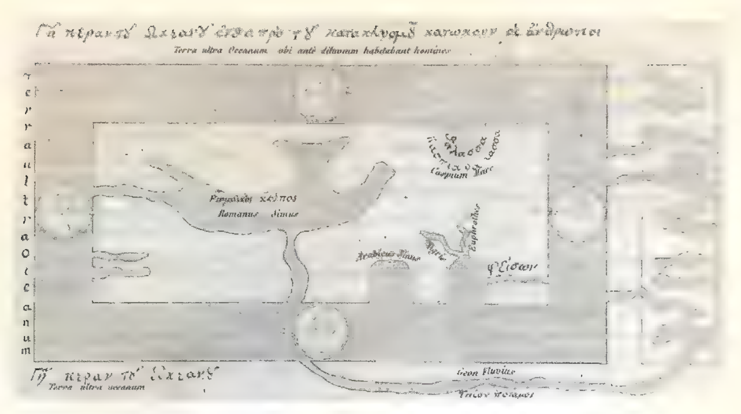
En la actualidad, se efectúan mediciones con los diversos satélites arti-



Anaximandro, de quien se dice fue el que trazó el primer mapa, creía que la Tierra tenía la forma de un tambor. El grabado de la izquierda muestra la Tierra, que según los sacerdotes vedas semejaba una mesa

Los hindúes creían que la Tierra, un casquete esférico, la sostenían unos elefantes que estaban subidos en el dorso de una tortuga gigantesca

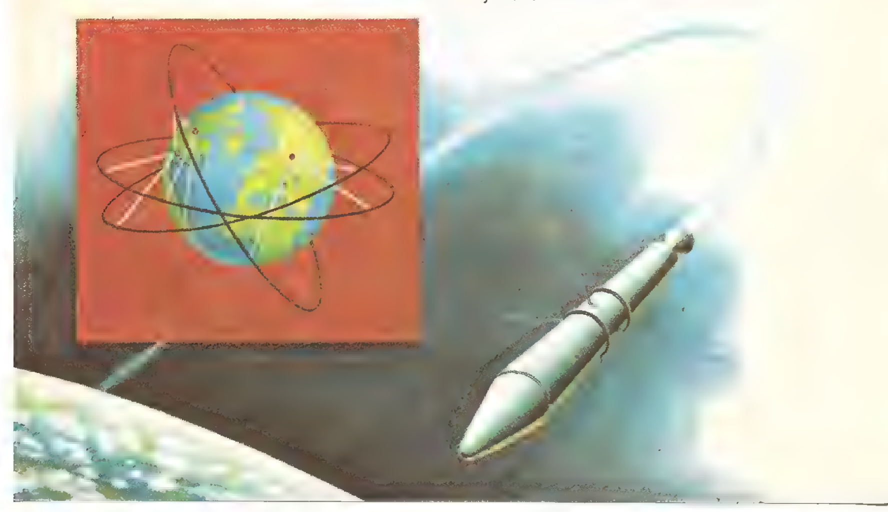




Antiguo mapa griego que muestra la Tierra plana y rectangular

ficiales que giran alrededor de nuestro planeta, y gracias a ellos los geógrafos pueden estudiar mejor la forma de la Tierra y reducir los errores del mapa del globo terráqueo. Las computadoras electrónicas de alta velocidad y otros aparatos especiales facilitan el trabajo, tanto mental como físico, del trazado de los mapas. En poco tiempo, todos los pedazos del rompecabezas podrán colocarse en su lugar, y el mundo quedará representado con exactitud.

Las dimensiones y la forma de nuestro planeta se están afinando con la ayuda de los satélites artificiales





A todos los círculos que sirven para expresar la latitud terrestre se les llama "paralelos", ya que son paralelos al ecuador. Moscú está situada a los 55°44'45" de latitud norte

Localice el Punto de la Superficie Terrestre en que está Usted

No obstante la enorme extensión de la Tierra, unos 510 millones de kilómetros cuadrados, los geógrafos pueden localizar cualquier punto situado en su superficie con un error aproximado de 15 a 20 metros. Para determinar la ubicación de un punto, como por ejemplo una ciudad, es necesario conocer la latitud y la longitud geográficas. Un mapa preciso debe tener estos dos datos.

La latitud es sencillamente la distancia medida, hacia el norte o hacia el sur, a partir del ecuador. Esta distancia se mide en grados (°), de 0° hasta 90°. Cada grado equivale aproximadamente a 111 kilómetros, y se divide en sesenta minutos ('); a su vez, cada minuto está dividido en sesenta segundos ("). Así, podemos decir que la ciudad de Moscú está situada a 55°44'45" de latitud norte.

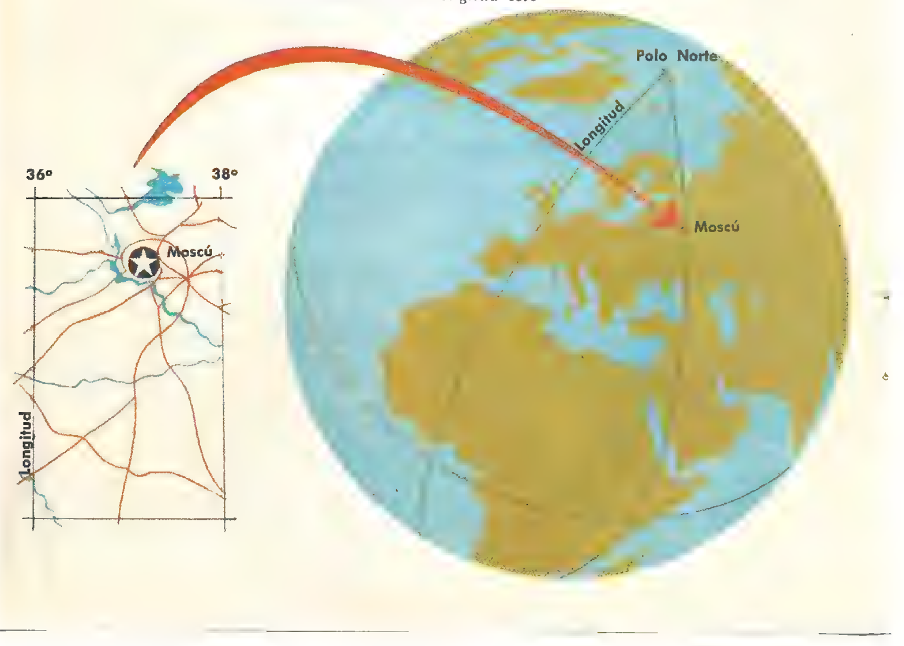
La longitud es la distancia medida, hacia el este o el oeste, a partir de una

línea llamada meridiano principal, y que va del polo norte al polo sur pasando por la ciudad de Greenwich, en Inglaterra. La longitud también se mide en grados, minutos y segundos, contados hacia el este o el oeste del meridiano de Greenwich. Moscú está situada a los 37°36'32" de longitud este. En un planisferio, las líneas que representan la longitud están más separadas en el ecuador, donde un grado equivale a 112.6 kilómetros aproximadamente, y se acercan gradualmente entre sí a medida que se alejan de la línea ecuatorial, ya sea hacia el norte o hacia el sur, hasta convergir en los polos.

La latitud y la longitud son las líneas por medio de las cuales podemos localizar un lugar determinado en la mayoría de los mapas. Cuando se trata de pequeñas zonas en la superficie terrestre, tales como una ciudad o un pueblo, el topógrafo dibuja estas zonas como si la Tierra fuera plana. Esto también puede hacerse con superficies más grandes, siempre que la precisión no sea muy importante. Después, se pueden poner números de referencia en los márgenes del mapa.

Para localizar cualquier punto, bastará consultar un índice preparado especialmente para ello, en donde se dan dos datos: un número y una letra. Este método de localización, conocido como sistema rectangular, se usa prin-

La longitud es la distancia hacia el este o el oeste del meridiano 0°. Moscú está a 37°36'32" de longitud este

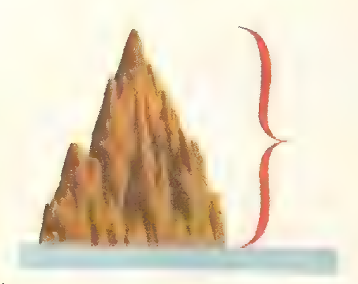




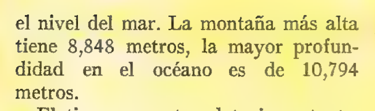
En la mayoría de los mapas de caminos y de carreteras que se publican hoy día, se puede localizar cualquier punto mediante el sistema de coordenadas rectangulares

cipalmente en los mapas de ciudades, caminos, etc.

Otra variante topográfica es la altitud, o sea la distancia vertical de un punto con respecto al nivel del mar. La altura también se puede medir bajo el nivel del mar, como en los mapas del fondo del océano y de algunos lugares, poco comunes, en la Tierra. Una medición de este tipo se indica en el mapa con un signo — antepuesto a la cota. Cierto lugar en el Valle de la Muerte se marcaría como —32 metros, lo cual significa 32 metros bajo



La altitud de un lugar determinado se mide a partir del nivel del mar



el nivel del mar. La montaña más alta tiene 8,848 metros, la mayor profundidad en el océano es de 10,794 metros.

El tiempo es otro dato importante, sobre todo en los mapas celestes. Todos los mapas deben llevar la fecha en que se hicieron. Un mapa de América del Norte, publicado en 1800, no mostraría la ciudad de Miami, ya que en aquel entonces no existía. Nueva Orleáns sí aparecería, pero el mapa la situaría a casi 160 kilómetros de la desembocadura del Misisipí. Hoy, Nueva Orleáns está 16 kilómetros río arriba: la ciudad no se ha movido, pero los sedimentos arrastrados por las aguas han ampliado el depósito aluvial al sur de la ciudad, haciendo que cambie así su situación en los mapas.

El trazado de los mapas lleva tiempo. Varios meses pueden transcurrir una vez que la comisión encargada del levantamiento topográfico ha concluido su trabajo y antes de que se impriman los mapas, tiempo en el cual pueden haber acaecido alteraciones en la parte que los mapas representan.

El tiempo se convierte en un factor de mayor importancia en los mapas de la era espacial. Todos los planetas están en movimiento continuo y cambian constantemente de posición, unos con respecto a otros. Algunas veces, Marte está a sólo 56 millones de kilómetros de la Tierra, y otras, a 376 millones de kilómetros de distancia. Cada planeta gira sobre su eje y muchos tienen satélites que describen órbitas a su alrededor.

Un mapa celeste es exacto sólo en un instante determinado, ya que el Universo está en continuo movimiento



La distancia entre la punta de la nariz de Enrique I y la punta de los dedos de su mano, fue lo que se tomó como medida oficial de la yarda inglesa

La Medición de Distancias

"Allá tras la loma, siguiendo el camino", puede ser que haya dado a nuestros bisabuelos una idea clara de la distancia que había entre una granja y el pueblo. Pero en los mapas tiene que haber términos más precisos.

Uno de los grandes adelantos del hombre de la antigüedad es el de haber ideado la manera de determinar las distancias. Primero tomó como unidad de medida el paso. Posteriormente, tomó múltiplos de éste, y así, entre los romanos, un paso equivalía a un metro y medio, más o menos. Para distancias más grandes se usaba la legua (1,500 pasos). Muchos países adoptaron la legua como unidad de medida de distancia, pero no se pusieron de acuerdo en la longitud que debía tener. En Francia, su valor era distinto en cada distrito, lo cual creaba innumerables confusiones.

Los primeros individuos que se dedicaron a trazar mapas estaban desconcertados por los errores que se originaban debido a esta variación de las medidas. El estadio fue en un tiempo una medida de longitud entre los griegos. Sin embargo, el estadio de Olimpia medía 192 metros, mientras el de Atenas equivalía a 185. Los errores en los mapas ocurrían cuando la persona encargada del trazado usaba una unidad de medida distinta que la persona que había medido la distancia original.

El sistema inglés, cuyas unidades de longitud son la pulgada, el pie, la yarda y la milla, se ha venido usando desde tiempos remotos. Los ingleses usaban una barra de metal como patrón para la medida de la yarda, que era la distancia de la punta de la nariz del rey Enrique I a la punta de sus dedos, teniendo extendido el brazo. Existe hasta la fecha una yarda de bronce que fundieron en Inglaterra en el año 1496. El sistema métrico decimal está

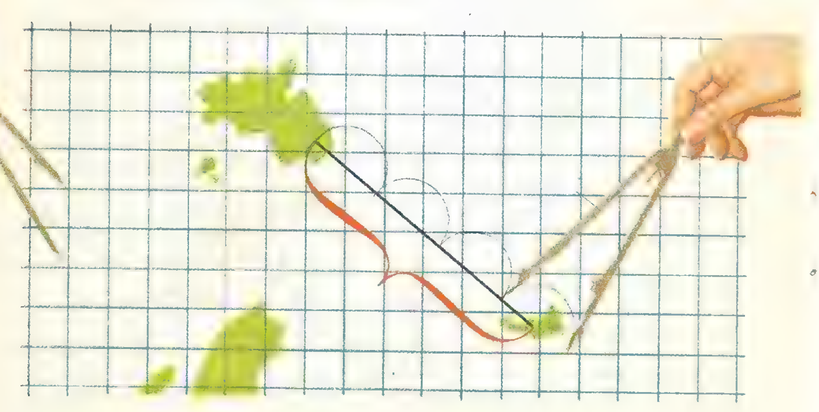
mucho más generalizado, debido a su facilidad de manejo, pues utiliza múltiplos y submúltiplos de diez. En este sistema, el metro es la unidad fundamental de longitud, que en un principio fue definido como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre. En 1960 se definió, con mayor exactitud, como la longitud de onda de una raya del espectro luminoso del criptón.

Debido a las distorsiones que presentan algunos tipos de mapas (véanse las páginas 34 y 35), una línea recta no es la distancia más corta entre dos puntos. Pero en otros mapas, donde la distancia es real y una línea recta *sí* es la distancia más corta entre dos puntos, se puede incurrir con facilidad en algunos errores de dirección.

En 1956, el Servicio Cartográfico del ejército norteamericano terminó de computar la medición de la línea de mayor longitud que hasta la fecha se ha llegado a medir: 5,777.5 millas náuticas, desde Finlandia, a través de Europa Oriental y del Mediterráneo, hasta el Cabo de Buena Esperanza, en África.

Esta línea básica de tan gran longitud, medida con toda precisión, facilita los estudios geográficos. Gracias a ella se demostró que los cartógrafos habían trazado los mapas con un error de 256 metros, en cuanto a la longitud del diámetro terrestre. Esto obligó a que se rectificaran los cálculos estimativos acerca del tamaño de la Tierra.

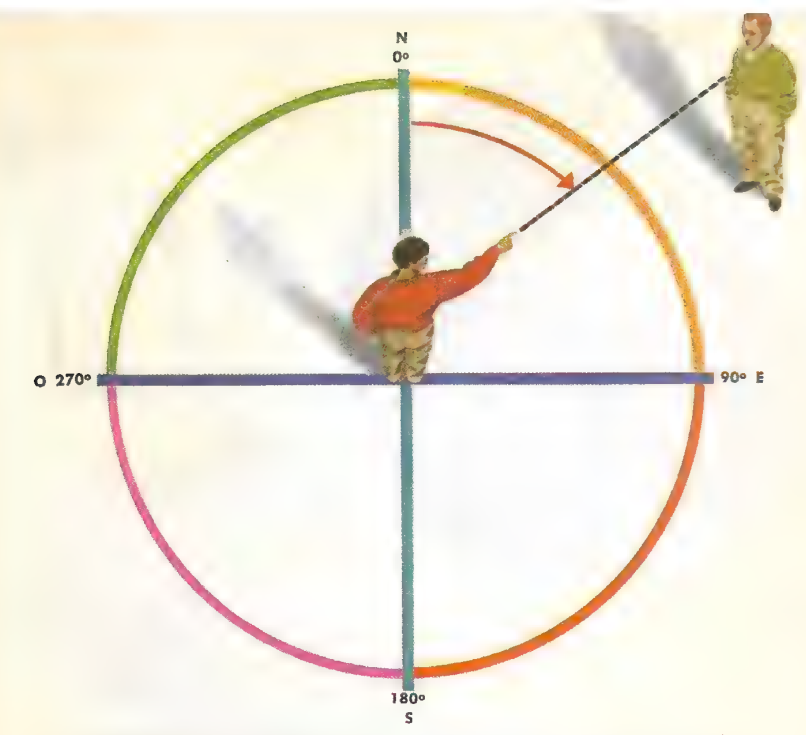
Las divisiones de latitud se pueden aprovechar para medir las distancias. Un grado de latitud equivale aproximadamente a 60 millas náuticas





Las rutas que pasan por los polos son más cortas porque sus trayectorias describen arcos de menor longitud

La linea de mayor longitud que se ha llegado a medir es de 5,777.5 millas náuticas. Un shoran *de alta precisión (aparato que emplea la técnica del radio-eco) se empleó al cruzar el Mediterráneo. En ciertas regiones los incendios en las praderas y los búfalos dificultaron el trabajo de los topógrafos*



La dirección es un ángulo que se mide en el sentido de las manecillas del reloj, tomando como punto de partida el norte verdadero

La Orientación

La orientación indica la posición de un lugar con respecto a otro. Para medir las distancias se usan diversos sistemas; para determinar la dirección se emplean los grados. Situemos a un hombre en el centro de un enorme círculo dividido en 360 partes iguales, llamadas grados. Coloquemos el grado cero (0°) de modo tal que coincida con el polo norte verdadero. De esta manera, los 90° marcan el este, los 180° el sur y los 270° el oeste. Cualquier línea que una la posición del hombre con cualquier otro lugar, forzosamente cruzará el círculo en algún punto, y la orientación de dicho lugar se puede dar entonces en grados.

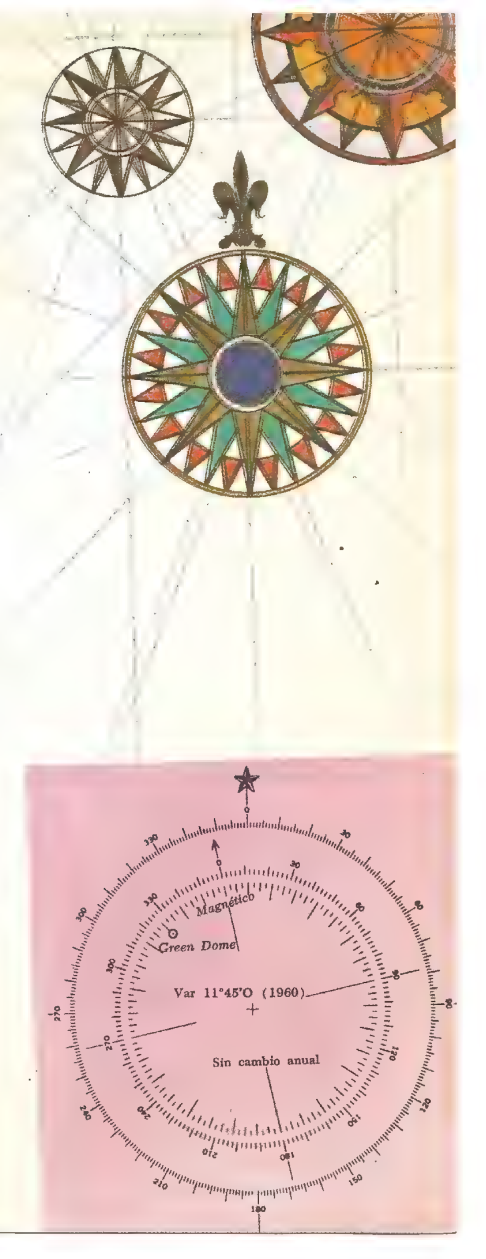
La rosa de los vientos fue el primer procedimiento empleado para determinar la orientación en un mapa. El hombre ha sabido orientarse, desde los tiempos más remotos, basándose en la

posición del Sol y de las estrellas. Pero no era fácil registrar esto en un mapa, así es que se valió de la dirección en que sopla el viento para establecer dicha referencia.

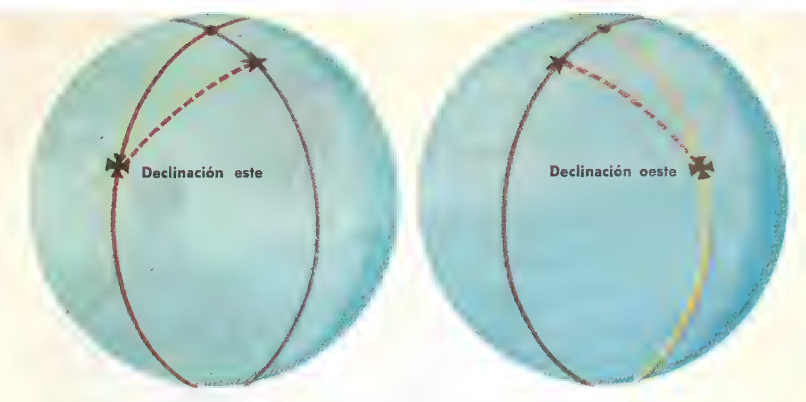
Los primeros cartógrafos inventaron una estrella de treinta y dos picos, parecida a una flor de muchos pétalos. Le llamaron *rosa ventorum,* o "rosa de los vientos".

La brújula magnética se inventó hace aproximadamente setecientos años. Al principio era una simple aguja de hierro, imantada, colocada en un trozo de madera que flotaba en un recipiente lleno de agua. Más tarde, montaron la aguja sobre un eje y la pusieron sobre una rosa de los vientos, para que señalara los distintos rumbos. Esto se conoció luego como brújula de limbo solidario. Todavía se usa en la actualidad, y mucha gente sabe cómo manejarla, nombrando por orden los 32 puntos de que consta.

La brújula magnética hizo que el hombre ya no tuviera que guiarse por los accidentes de los litorales, y podía aventurarse a hacer largos viajes por el océano. Antes, tenía que navegar sin perder de vista la tierra firme. Si los marinos pasaban varios días sin ver alguna señal conocida en las costas, perdían el rumbo. Actualmente, un marino en alta mar puede decir qué dirección lleva, bastando para ello consultar la brújula magnética. La brújula señala hacia el norte, y si observa el limbo, un marino puede calcular la di-



Las rosas de los vientos que aparecen arriba, se basaban en la dirección del viento. Las modernas rosas de brújula están basadas en la intensidad del campo magnético de los polos terrestres



La declinación magnética es el ángulo que forman el meridiano magnético y el geográfico. Puede ser declinación este o declinación oeste (— o +), según la posición del observador

rección que media entre otro barco o un faro.

Pero hay dos factores que limitan el uso de la brújula magnética al tratar de establecer el rumbo, y son: la declinación y la desviación. Como la Tierra es, en sí, un imán, la aguja de la brújula magnética señala hacia el polo norte magnético terrestre. Sin embargo, los polos magnéticos terrestres no coinciden con los polos geográficos. En vez de estar situado el polo magnético del norte en los 90° de latitud norte, está en la Península de Boothia, al noroeste de la Bahía de Hudson, a 71° de latitud norte y a 96° de longitud oeste. El polo magnético sur no está exactamente opuesto al norte, sino en la Antártida, a 73° de latitud sur y a 156° de longitud este.

Basándonos en la posición de una persona, puede haber una diferencia de ángulo de 0° hasta 180° entre el polo norte magnético, hacia el cual apunta la aguja, y el polo norte geográfico o verdadero. A esta diferencia de ángulo se le llama *declinación*; ésta es mayor cuanto más cerca de los polos se está, y es una de las razones por las que se dificulta navegar en aquella zona.

Existen otros campos magnéticos, además del de la Tierra, que afectan



La atracción magnética del metal de la navaja hará que la aguja de la brújula se desvíe de su orientación

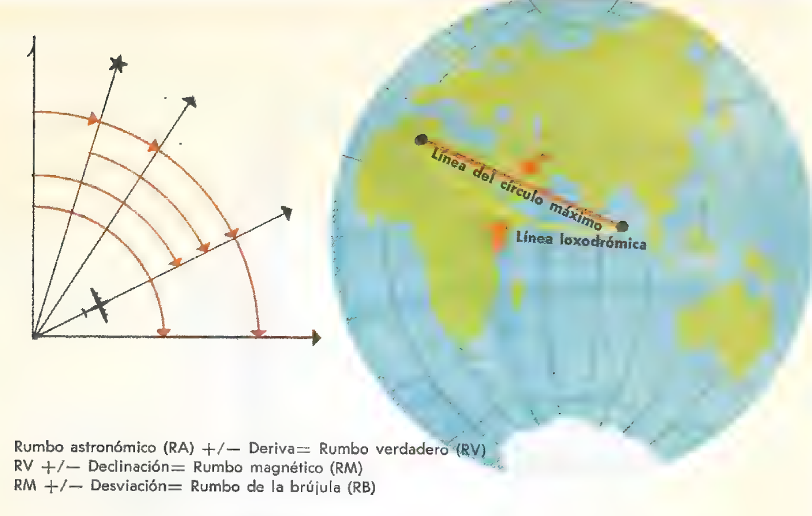
la lectura de una brújula magnética. Un reloj de pulsera, un objeto metálico o alguna pieza de un aparato eléctrico, pueden hacer que la aguja se desvíe ligeramente. (A bordo de los grandes barcos y de los aviones, estas desviaciones varían de una dirección a otra.) A este error de la brújula se le llama *desviación*. La desviación es cosa propia de la brújula y de lo que la rodea de cerca, y no se puede registrar en los mapas. Sin embargo, el navegante debe conocer la desviación de su brújula en un momento dado, a fin de que pueda corregir el error y guiar así su barco o avión en el rumbo preciso.

El viento y las corrientes oceánicas también afectan la orientación; ambos factores pueden indicarse en mapas especiales por medio de líneas o de flechas. El viento y las corrientes ocasionan la *deriva,* es decir, el movimiento de desviación hacia la derecha o hacia la izquierda, y dicho movimiento varía de acuerdo con la fuerza y la dirección de los vientos y de las corrientes. Por lo tanto, la deriva, así como la desviación, no se pueden anotar como cosa permanente en un mapa, pero los pilotos las deben tener en cuenta.

Quien conduce un automóvil utiliza un mapa de caminos y carreteras para elegir su ruta y decidir en qué cruce debe virar hacia la derecha o hacia la izquierda; nunca debe olvidar que cada ruta tiene dos sentidos. Fuera de esto, no hay ningún otro problema para quien utiliza dichos mapas.



Cuando el aeroplano vuela del punto A al B, el piloto y el navegante deben enfilar la nave hacia el punto C a fin de compensar la fuerza del viento, llamada deriva. En los barcos, la deriva también es una fuerza que hay que tener en cuenta, ya que la ocasionan las fuertes corrientes oceánicas, y, lo mismo que el viento, puede variar en intensidad



La línea loxodrómica está siempre más cerca del ecuador que el círculo máximo correspondiente a los mismos dos puntos

Ni en el cielo ni en el mar hay carreteras. El hombre trata de dirigir los aviones y barcos por la ruta más corta y menos peligrosa entre dos puntos. Para hacerlo, debe tomar en cuenta la declinación, la desviación y la deriva, escollos que lo alejan del *rumbo verdadero* (la dirección que indica el mapa) hacia el *rumbo de la brújula* (la dirección que señala la aguja de dicho instrumento).

La ruta o rumbo en un mapa es la dirección que se debe tomar para dirigirse de un lugar a otro, y para ello, el piloto o el capitán de un barco puede mantener un rumbo constante siguiendo una línea de orientación fija que se conoce como *línea loxodrómica*. Los mismos dos puntos situados sobre la superficie de una esfera se pueden unir por medio de una línea que cambia continuamente de dirección, a la que se conoce como *línea de círculo máximo*. La dirección cambia constantemente, pero es al mismo tiempo la distancia más corta entre dos puntos situados en la superficie curva de la Tierra.

A los pilotos les es más fácil seguir la ruta marcada por la línea loxodrómica, ya que pueden conservar un solo rumbo en vez de estar cambiando constantemente de dirección. En algunos mapas, aparentemente, puede ser una línea recta y la distancia más corta; mas no es así, ya que en la Tierra, por ser esférica, un círculo máximo es siempre la distancia más corta.

A todo el que se guía por la brújula, le es más fácil viajar siguiendo una dirección constante que seguir una dirección que varíe constantemente. Por lo tanto, la ruta más fácil a seguir

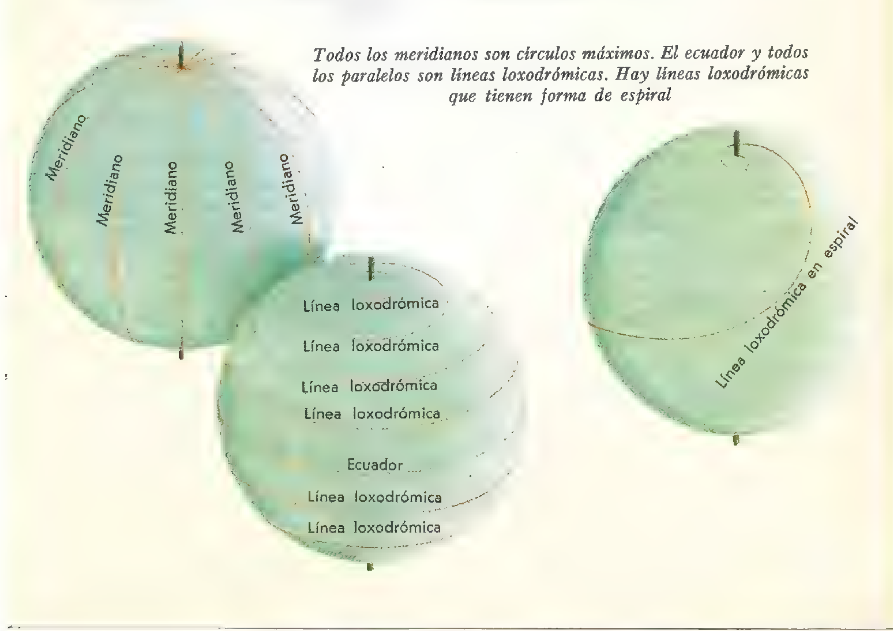


En un mapa de proyección de Mercator, las líneas loxodrómicas parecen ser más cortas que las líneas de círculo máximo, no obstante que son más largas

es la de la línea loxodrómica, y no la del círculo máximo. El navegante se puede aproximar a un círculo máximo siguiendo varias rutas de líneas loxodrómicas cortas. Aunque el recorrido total sea ligeramente más largo que el de la ruta del círculo máximo, se requerirán muy pocos cambios de dirección.

Hace quinientos años, cuando el trazado de mapas empezó a ser un medio ventajoso de hacer negocio, las rutas comerciales más cotizadas eran hacia Oriente. Muy poco se sabía entonces de Occidente. Los mapas solían trazarse con el Oriente en la parte superior, y en la navegación rumbo al Oriente, los colocaban así, para con-

Todos los meridianos son círculos máximos. El ecuador y todos los paralelos son líneas loxodrómicas. Hay líneas loxodrómicas que tienen forma de espiral





Un navegante coloca su carta de navegación de manera tal que el punto hacia donde se dirige quede en la parte superior de la misma

sultarlos. De esta costumbre entró en uso la palabra "orientación", con la cual describimos el procedimiento de determinar nuestra posición en la Tierra respecto del mapa.

En la actualidad, la mayoría de los mapas están orientados verticalmente hacia el norte. El dibujo de una rosa de los vientos, o de una flecha apuntando en esa dirección, y trazada en la parte superior del mismo, se lo recalcan a quien lo consulta. Al usar estos mapas, los "orientamos" colocando el norte en la parte superior. Sin embargo, al navegar, el piloto puede colocar su mapa de manera tal que vaya dejando atrás el camino recorrido y mantenga el punto de su destino delante de él. Este método permite al navegante tener presente las señales fijas de tierra que estén a la derecha o a la izquierda de su ruta.

Una vez que se ha orientado un mapa, es muy sencillo encontrar los demás puntos cardinales básicos. Como el norte está a cero grados, el este estará a los 90°, el sur a los 180° y el oeste a los 270°. Las direcciones intermedias se pueden expresar también en grados. Por lo tanto, la dirección (el ángulo que forma con el norte verdadero) de cualquier línea de un mapa, puede calcularse en grados. Si se desea obtener la dirección exacta, es necesario conocer en qué proyección está hecho el mapa (véase páginas 35 ss.), ya que hay variaciones según el método empleado.



La altitud verdadera es la altura medida a partir del nivel del mar. La altitud absoluta es la que se mide a partir del nivel del suelo

Hacia Arriba y Hacia Abajo

Si se pudieran vaciar las cuencas de los océanos, se apreciarían las irregularidades que tiene la superficie terrestre. Sin embargo, la altura de la montaña más alta es de menos de nueve mil metros, lo cual no llega a un décimo por ciento del diámetro de la Tierra, que es de 12,740 kilómetros. La parte más profunda del océano mide un poco más que la altura del Everest.

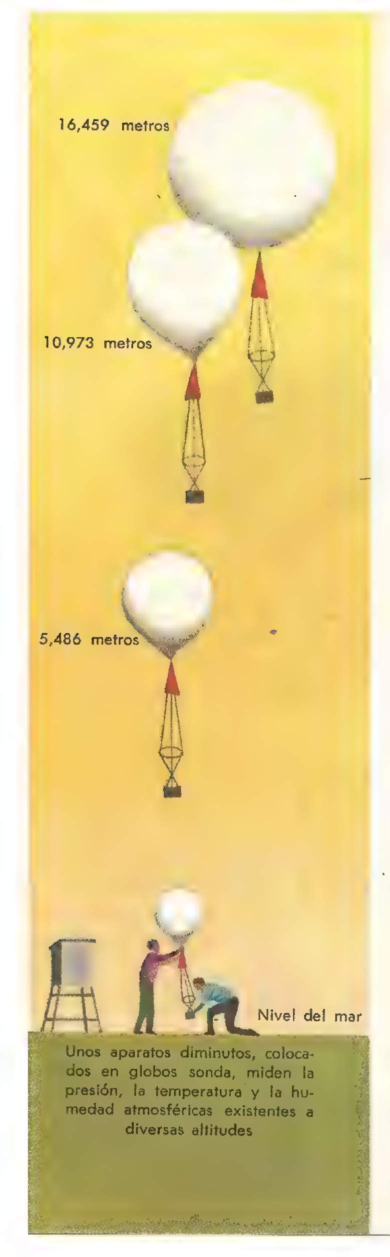
En la región del Sáhara, en el África del Norte, la altura fluctúa desde 30 metros bajo el nivel del mar hasta más de 3,300 metros sobre dicho nivel. Sin embargo, también hay lugares en el Sáhara donde sólo unos instrumentos sumamente sensibles pueden registrar los declives graduales del suelo del desierto. Aun el nivel del mar, la marca de referencia más común, varía de un lugar a otro, por lo que no debe sorprendernos el hecho de que las alturas o las depresiones representen un verdadero problema para los cartógrafos.

Medir una altura parece empresa fácil. Sin embargo, aunque se emplean las unidades de longitud usuales, la dificultad estriba en que para determinar la altura hay que encontrar un nivel de referencia que sirva de norma. Por ejemplo, una silla puede estar a 60 centímetros sobre el nivel del suelo

El monte Everest, de 8,848 metros de altura, y la Fosa de las Marianas, de 10,867 metros de profundidad, son sólo una prominencia y una depresión, respectivamente, de la superficie de la Tierra

Monte Everest

Fosa de las Marianas



Unos aparatos diminutos, colocados en globos sonda, miden la presión, la temperatura y la humedad atmosféricas existentes a diversas altitudes

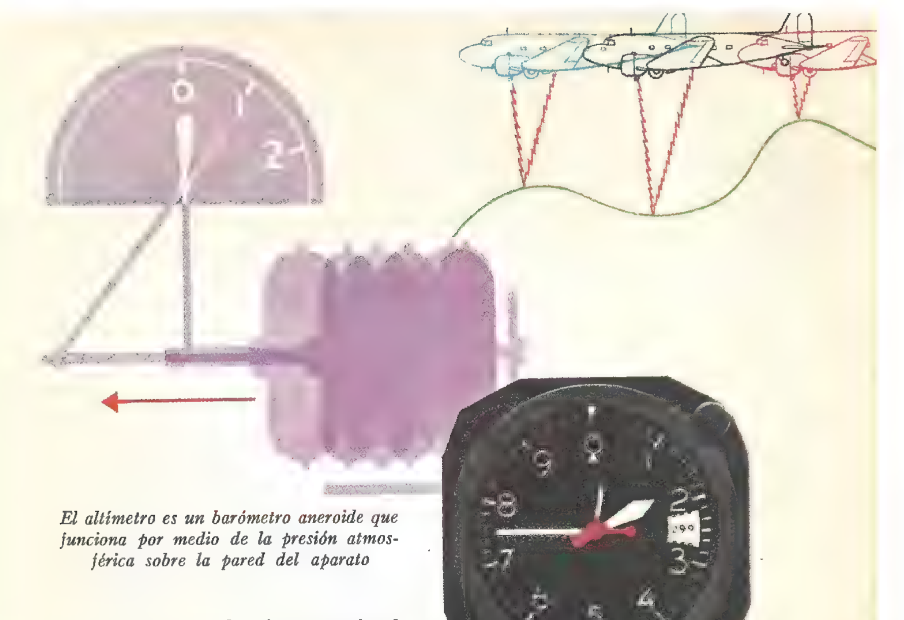
y, al mismo tiempo, a 3.50 metros sobre el nivel de la calle. De esto se deduce que la altura depende del punto de referencia que se haya escogido.

Para medir la altitud, o la profundidad, los cartógrafos toman como punto de referencia el nivel del mar. Como este nivel varía de un lugar a otro, cada país escogió un sitio fijo. De esta manera, la altitud, o la profundidad, tomadas sobre el nivel medio del mar en diferentes países, se pueden comparar. La altitud o la profundidad, tomadas sobre el nivel medio del mar, se denominan altitud verdadera, o profundidad verdadera, respectivamente.

Si esta distancia se expresa en metros o en cualquier otra unidad, se le llama *cota*. Los instrumentos que se usan para medir la altitud o la profundidad varían, desde la sonda que usan los marinos (una cuerda con una pesa atada en un extremo) hasta el *sonar*, aparato que emite impulsos sonoros cuyo eco sirve para determinar la profundidad del mar. En tierra, el topógrafo emplea un teodolito, que es un pequeño telescopio destinado a medir ángulos horizontal y verticalmente. Los pilotos de los aviones necesitan conocer, en todo momento, la altitud a la que vuelan. Para determinarla, utilizan dos instrumentos: el altímetro de presión y el radioaltímetro.

El altímetro de presión, una especie de barómetro aneroide, mide la altitud por el descenso de la presión atmosférica debido a la altura. El océano

La presión atmosférica disminuye con la altitud. La presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra debida al peso del aire es igual a 1.033 kg por cm² al nivel del mar



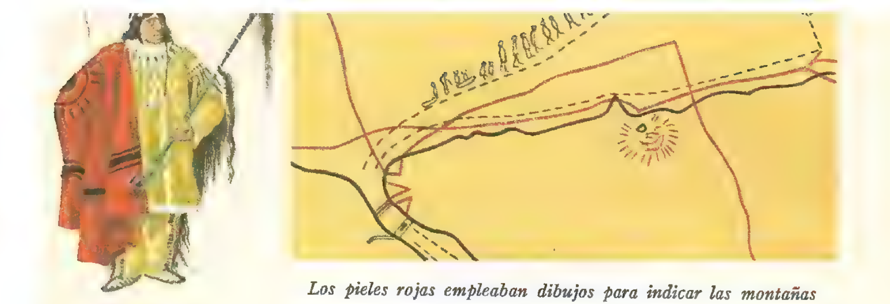
El altímetro es un barómetro aneroide que funciona por medio de la presión atmosférica sobre la pared del aparato

de aire que nos rodea tiene peso, igual que los océanos de agua. Este peso produce una fuerza llamada presión. Al nivel del mar, la presión del aire es de 1.033 kilogramos por centímetro cuadrado. Esto significa que una columna de mercurio de 760 mm de altura y un centímetro cuadrado de diámetro ejerce la presión antes mencionada. El aire es más denso (se encuentra más comprimido) cerca de la superficie de la Tierra, debido a que tiene que soportar todo el peso de la atmósfera.

En consecuencia, a mayor altitud menor presión, y a menor altitud mayor presión. Así, a 5,400 metros de altura, la presión equivale más o menos a la mitad de la que existe al nivel del mar; pero a 10,900 metros, la presión no es nula, sino que sólo ha disminuido una cuarta parte.

El funcionamiento del barómetro aneroide se basa en la deformación que sufre una cápsula metálica, elástica y herméticamente cerrada, cuando la modifica la diferencia existente entre la presión interna y la externa de la atmósfera. Dicha diferencia hace mover una aguja sobre una esfera graduada.

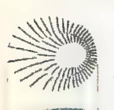
Sin embargo, como la temperatura es el factor que influye de modo más directo sobre la presión atmosférica, y a las dilataciones de la atmósfera corresponden bajas de presión, y viceversa, deben hacerse ajustes en las lecturas del altímetro para obtener la altura real sobre el nivel del mar.



Los pieles rojas empleaban dibujos para indicar las montañas

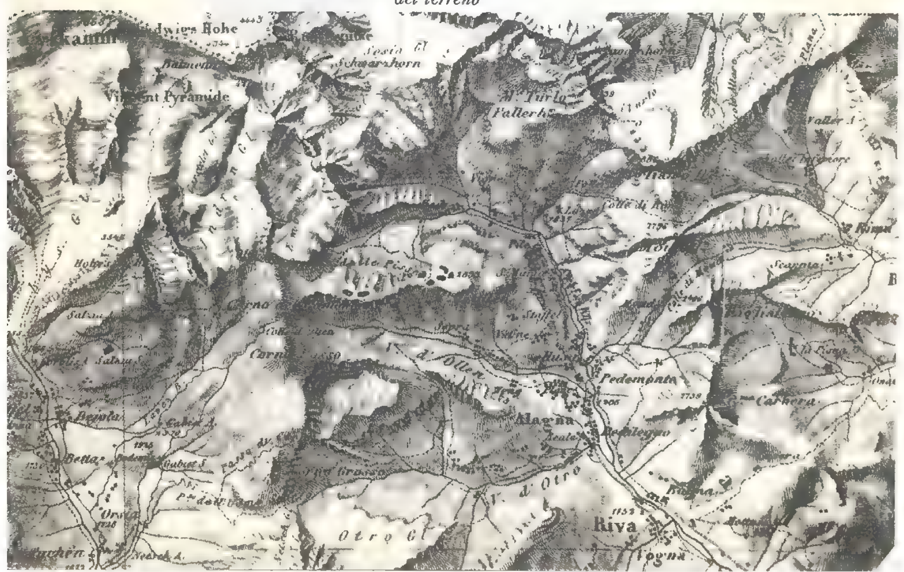
El radioaltímetro se basa en la medición del tiempo que tarda una onda de radio, emitida desde un avión, en volver al punto de origen luego de su reflexión en el suelo. Esta medición (altitud absoluta) se registra en una esfera graduada en metros o pies, y sumando la altitud absoluta a la que aparece en el mapa de ruta, el piloto obtiene la altitud verdadera.

Para representar en un mapa las diferentes alturas, se emplean dibujos






En los planos topográficos se emplea el dibujo sombreado para indicar el desnivel del terreno



sombreados, colores y líneas que definen los contornos. Los pieles rojas dibujaban los accidentes del relieve para mostrar lo que habían visto durante sus correrías. En la actualidad, todavía se usan dibujos en los mapas de caminos.

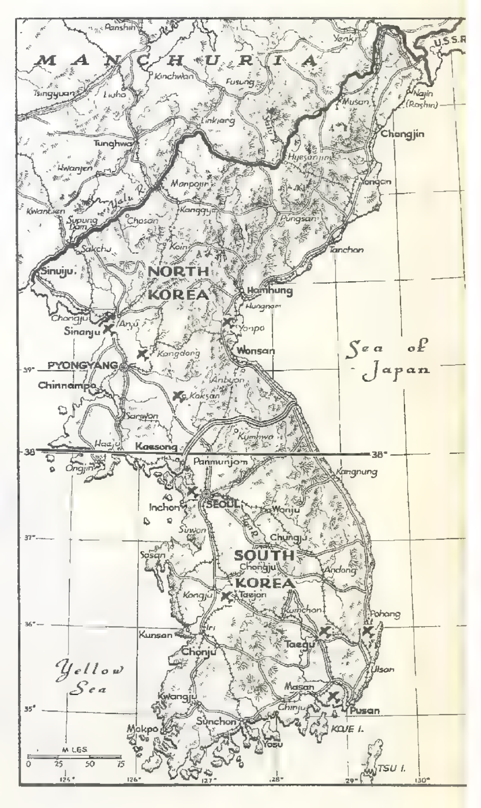
Es práctica usual aprovechar los efectos de luz y de sombra para hacer resaltar "en relieve" los accidentes geográficos. Los primeros artistas que hicieron grabados en madera usaban líneas delgadas para indicar la parte sombreada de un objeto, y los cartógrafos pronto adoptaron este sistema para mostrar en los mapas el relieve de la Tierra. En el siglo XIX se usaron por vez primera placas de acero y de cobre para imprimir los mapas, y con ellos se podían grabar líneas más finas, sombreadas, para mostrar así el relieve.

Los cartógrafos idearon un complicado sistema para representar las montañas por medio de estas líneas, que se podían trazar gruesas o delgadas, juntas o separadas, inclinadas o curvas. Cuando eran cortas, más oscuras y más separadas, indicaban los declives más pronunciados. Sin embargo, otros detalles importantes se perdían a menudo en este sistema de representación gráfica.

El dibujo de relieve es un método modificado de las líneas sombreadas y aventaja al primero, en que los mapas presentan con mayor claridad un número considerable de detalles. En él, unas sirven para representar los montes y las cordilleras, aunque tienen en contra que estos mapas dan sólo una idea general del relieve.

En los atlas geográficos se usan mapas en relieve para mostrar las montañas y las cordilleras

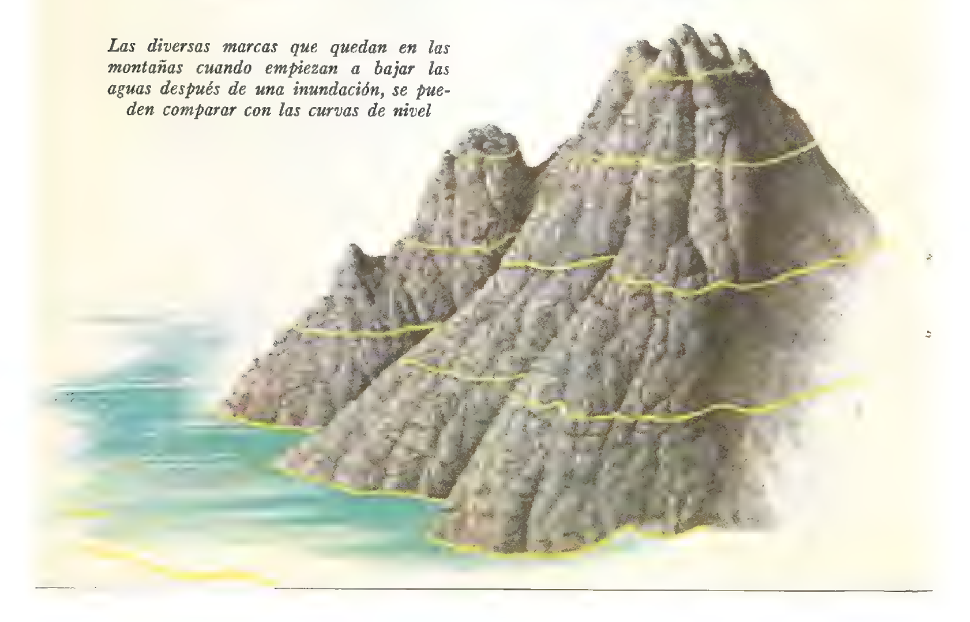
Las curvas de nivel constituyen una manera de indicar la altitud por medio de una serie de líneas, cada una de las cuales une las cotas de la misma altitud. Supongamos que la superficie entera de la Tierra sufriera una inundación, y que las aguas llegaran hasta la cima de la montaña más alta. Pues bien, imaginemos que cada vez que el



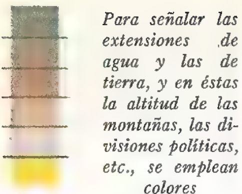
nivel del agua descendiera treinta metros dejara una marca alrededor de la montaña, de manera semejante a lo que ocurre en cualquier recipiente que contenga un líquido espeso. Al bajar la inundación quedarían varias líneas equidistantes, a diversas alturas, en la falda de la montaña. La distancia vertical entre las curvas de nivel es fija en cada mapa, y se llama equidistancia. Vista desde un globo, la superficie de la Tierra aparecería como un conjunto de líneas de igual altura.

Hasta que los hombres de ciencia no recorrieron el mundo y midieron la altura de millones de puntos, no resultó práctico que los cartógrafos dibujaran curvas de nivel. Ha sido en el siglo XX cuando se ha determinado la altura de suficientes puntos, lo cual ha hecho posible que se tracen en los mapas las distintas curvas de nivel de gran parte de la superficie de la Tierra. Todavía hoy, sin embargo, hay muchas regiones cuyo contorno sólo se puede adivinar. La Antártida y Siberia son dos de estas regiones. Las expediciones polares envían datos continuamente a los cartógrafos acerca de las distintas alturas de la Antártida. En cuanto a los mapas del relieve exacto de la Unión Soviética, todavía no están completos.

Cuando por vez primera se usaron los colores en un mapa, fue para marcar las divisiones políticas de los países. Los libros de geografía mostraban a Alemania en color verde, a Inglaterra en amarillo y a Francia en color de rosa. A medida que se fueron conociendo las altitudes en todos los continentes se emplearon los colores para hacer resaltar los relieves. Las cordilleras se coloreaban de café, en tonos descendentes hasta llegar al amarillo, el cual se empleaba para los montes pequeños; el verde para las llanuras y el azul para mares, lagos y ríos. Cuando los mapas de relieve



Las diversas marcas que quedan en las montañas cuando empiezan a bajar las aguas después de una inundación, se pueden comparar con las curvas de nivel

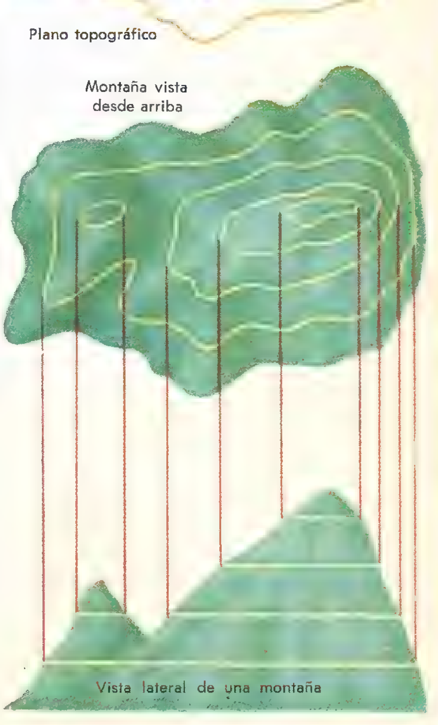


Para señalar las extensiones de agua y las de tierra, y en éstas la altitud de las montañas, las divisiones políticas, etc., se emplean colores

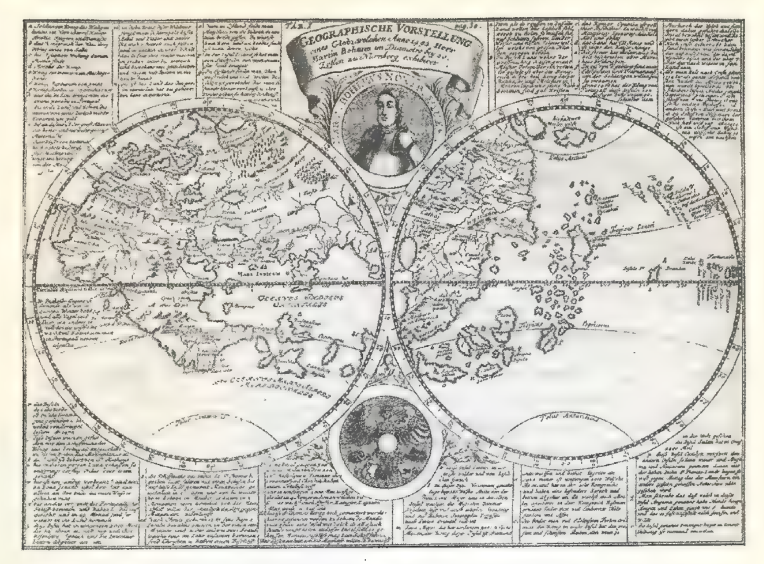
fueron más exactos, se pudieron utilizar los colores con mayor precisión.

Actualmente, los mapas de relieve combinan ambas cosas: el color y las líneas de nivel. Como esta combinación hace resaltar mejor las cimas de las montañas, tales mapas resultan sumamente útiles para aquellos pilotos que por volar a baja altura deben evitar el peligro que representa el desnivel de la superficie. En ciertos mapas se emplea el sombreado para indicar las montañas existentes en las regiones poco conocidas, o para señalar montes que son demasiado pequeños para indicarlos con líneas de nivel, pero que son peligrosos para la navegación aérea.

El trazo del perfil de las profundidades del mar se ha quedado muy rezagado en comparación con el de las altitudes. Hasta hace poco se habían sondeado escasos abismos submarinos, si se exceptúan aquellos que se encuentran en las rutas de navegación. Sin embargo, las tres quintas partes del globo terrestre están cubiertas de agua, y si los continentes se juntaran apenas ocuparían una superficie equivalente al tamaño del Océano Pacífico. A los cartógrafos aún les queda mucho por hacer.



Montaña, vista desde arriba y lateralmente, para mostrar cómo se levanta su plano topográfico



Mapa trazado en 1491, en el que sólo aparecen una serie de islas entre Europa y Asia

Por qué es Difícil Representar la Tierra por Medio de un Mapa

Los arquitectos cuentan con dos maneras para mostrar cómo quedará un edificio una vez terminado. Una de ellas son los planos de los diversos pisos, y la otra es la maqueta del edificio. Esta última da una idea más exacta de la construcción. La mayoría de la gente no está lo suficientemente adiestrada para interpretar los planos, pero sí puede darse cuenta de la forma de un edificio con sólo ver la maqueta.

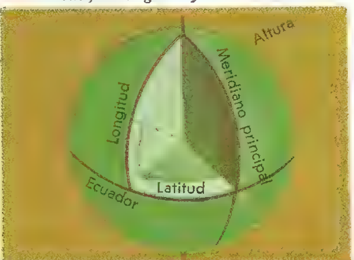
De la misma manera, los cartógrafos, es decir, los que trazan los mapas, usan tanto esferas como mapas para representar la Tierra. Una esfera con el perfil de la Tierra equivale a una maqueta. Sin embargo, debido a la escala tan pequeña que se emplea, un globo terráqueo no es una maqueta tan exacta como lo es la de un edificio. El arquitecto puede haber tomado convencionalmente un centímetro para re-

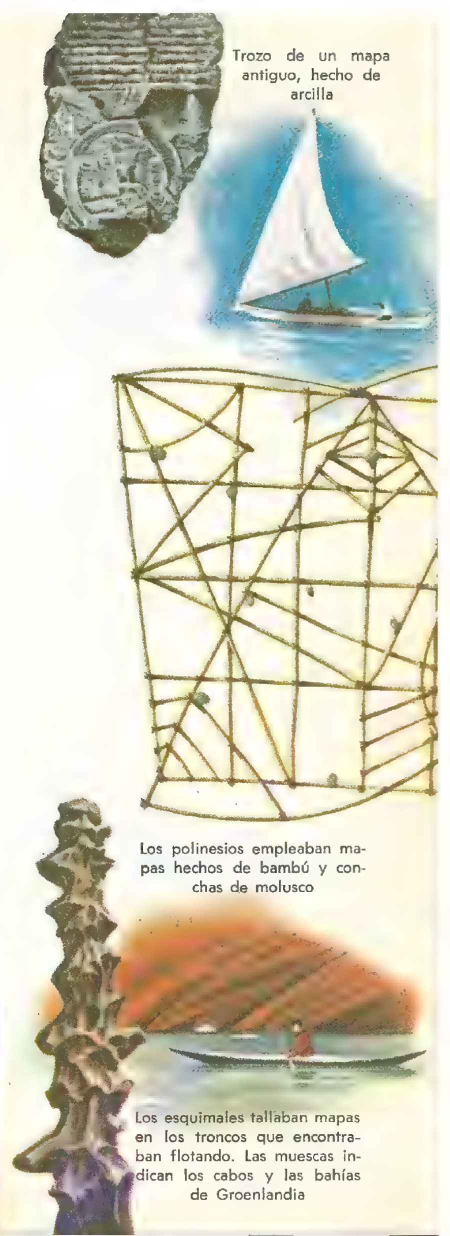
presentar medio metro en las dimensiones del edificio. Pero el cartógrafo que utiliza una esfera de 25 centímetros de diámetro para representar nuestro planeta, que mide 12,740 kilómetros de diámetro, ha hecho que un centímetro equivalga a 500 kilómetros en la escala real. Según esto, una unidad (1 centímetro, por ejemplo), en el mapa, representa la misma unidad de medida (50,000 centímetros) en la superficie terrestre.

A pesar de lo inconveniente de su escala, los globos terráqueos han gozado de gran popularidad desde hace mucho tiempo. Un globo terráqueo, hecho en 1491, se conserva en un museo de Nuremberg, Alemania. Martin Behaim, que lo construyó, tuvo que adivinar cómo eran dos terceras partes del mundo. Llenó el amplio espacio que había entre la parte occidental de Europa hasta Asia con islas imaginarias. De haber esperado unos años más, hubiera podido mostrar en su mapa el entonces recientemente descubierto continente americano.

Una autoridad en cartografía ha dicho: "El único retrato perfecto de la Tierra es un globo." Si nuestro planeta fuera realmente esférico y terso como una pelota, tendría razón. Pero un globo esférico no muestra cómo se ensancha la Tierra en el ecuador. En él no se aprecian las depresiones, las

Los tres factores topográficos son la latitud, la longitud y la altura





Trozo de un mapa antiguo, hecho de arcilla

Los polinesios empleaban mapas hechos de bambú y conchas de molusco

Los esquimales tallaban mapas en los troncos que encontraban flotando. Las muescas indican los cabos y las bahías de Groenlandia



La vista lateral o superior de una caja sólo nos permite apreciar dos de sus dimensiones

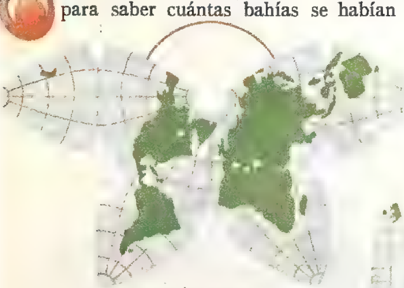
prominencias, las llanuras ni los demás accidentes de la superficie. En un globo terráqueo no se pueden medir las distancias en cualquier dirección con la misma exactitud. Además, nunca son lo suficientemente grandes para proporcionar detalles de importancia.

Hace 5,000 años, los sumerios trazaban sus mapas en gruesas tabletas de arcilla; los esquimales de épocas más recientes hacían muescas con sus navajas en trozos pequeños de madera para saber cuántas bahías se habían alejado de su hogar. Los aborígenes de las islas Marshall, en el Pacífico, empleaban mapas hechos con varas de bambú y conchas de crustáceos. En la actualidad, la mayoría de los mapas se trazan e imprimen en papel, pues es un material barato y de fácil manipulación.

Como un dibujo trazado sobre un plano tiene el inconveniente de mostrar sólo dos dimensiones (longitud y anchura) y cualquier cuerpo sólido tiene tres (altura, aparte de las otras dos ya mencionadas), es sencillo comprender los problemas que se presentan cuando se desea representar en un plano, con toda precisión, cualquier cuerpo sólido.

Tracemos, por ejemplo, en una hoja de papel, un cubo de 2.5 cm de lado. Visto de frente, sólo aparecerá del cubo una cara. Si se dibuja de manera que aparezcan tres de ellas (la del frente, una lateral y la superior), alguna de estas tres caras se mostrará distorsionada.

Los cartógrafos habrían estado más satisfechos si los hombres de la tripulación de Magallanes no hubieran demostrado la redondez de la Tierra, ya que cuesta tanto trabajo tratar de mostrar la superficie esférica de nuestro planeta en un plano como mostrar fielmente en un papel las tres dimen-





La corteza de un globo terráqueo se puede dividir en gajos, como si se tratara de una naranja, para obtener un planisferio cuya proyección es más precisa

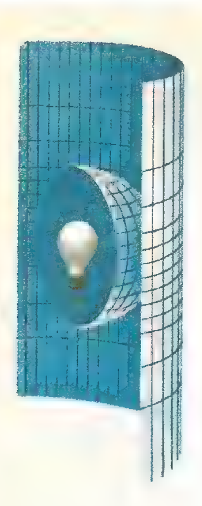


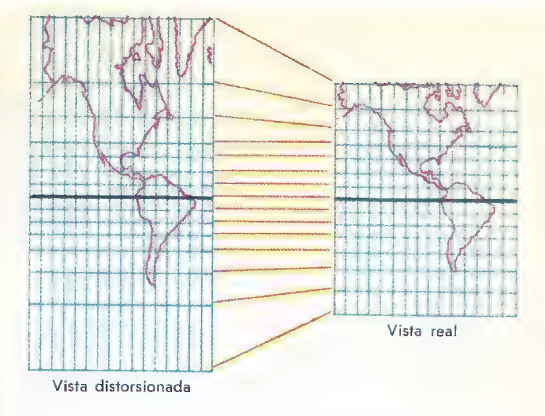
El mapa de Goode, de áreas equivalentes, trazado en forma de gajos de la corteza de un globo terráqueo, es útil para representar las extensiones de agua

siones de un cubo, pues cualquiera que sea la manera en que lo tracen, siempre aparecerá distorsionado. El sistema de paralelos y meridianos de la Tierra puede ser trazado fácilmente sobre una esfera, pero en cuanto se trata de trazarlo en un plano, surgen dificultades al representarlo. Sólo zonas pequeñas, de no más de cien kilómetros cuadrados, se pueden representar de manera plana, como un mapa lo requiere, sin que sufran deformaciones, y únicamente en una esfera es posible representar el área y la forma sin que ninguna de las dos sufra deformación.

Los cartógrafos buscan sin cesar nuevos sistemas de trazado para que los mapas muestren el menor número posible de deformaciones. Si la corteza de un globo terrestre se divide en gajos, como cuando se le quita la cáscara a una fruta, se obtiene un mapa bastante preciso. Muchos mapas se han trazado de manera similar a esta, pero no obstante que muestran formas y áreas equivalentes, tienen la desventaja de que les falta continuidad, o de que las porciones mostradas aparecen truncas.

Cuando las diapositivas fotográficas o los filmes se muestran en una pantalla, decimos que se "proyectan". Se puede obtener un mapa metiendo una bombilla eléctrica encendida dentro de un globo terráqueo transparente en el cual se haya marcado previamente, con líneas gruesas, el contorno de los continentes y las coordenadas de latitud y de longitud. La luz en el interior del globo puede servir para proyectar





La proyección de los puntos de una esfera sobre un cilindro muestra cómo se traza un mapa mediante el sistema Mercator, así como las distorsiones que sufre

estas líneas sobre un cono, un cilindro, o sobre una hoja de papel. Los mapas que se obtienen de esta manera reciben el nombre de "proyecciones", las cuales pueden ser: cilíndricas, cónicas, gnomónicas, de Mercator y de Mollweide. Las proyecciones se hacen conforme a los principios de la geometría descriptiva, una rama de la geometría. Sin embargo, las proyecciones geográficas no siempre son realmente proyecciones, en el sentido geométrico de la palabra.

El autor de la proyección de Mercator se llamaba originalmente Gerhard Krämer, cuyo apellido significa "comerciante" en alemán. Por el año 1569, cuando publicó el atlas que contenía el mapa trazado por él, se acostumbraba que los hombres de ciencia latinizaran sus nombres. Krämer cambió el suyo por el de *Mercator*, que quiere decir "comerciante mundial". Tal decisión fue acertada, pues su mapa pronto se convirtió en el preferido de todos los marinos mercantes.

La gran aceptación que tuvieron los mapas trazados mediante el sistema de Mercator, se debió a que la línea loxodrómica aparecía en ellos como una recta. Este cartógrafo flamenco escribió en su atlas: "Si se desea ir de un puerto a otro, he aquí una carta de navegación con una línea recta. Si se sigue esta línea cuidadosamente, se llegará sin duda alguna al puerto de destino. Pero puede ocurrir que la longitud de la línea no sea la verdadera. Es posible que se llegue antes de lo calculado, o quizá después, pero se llegará allí."

Lo atractivo de la proyección de Mercator radica en que la forma de las distintas áreas representadas no aparece distorsionada; pero tienen el defecto de que el tamaño de las mismas se altera en los lugares más alejados del ecuador, tanto al norte como al sur de dicha línea. Un lugar situado a 80º de latitud aparece en el mapa con una superficie 36 veces mayor que la real. Así, en los mapas de Mercator se

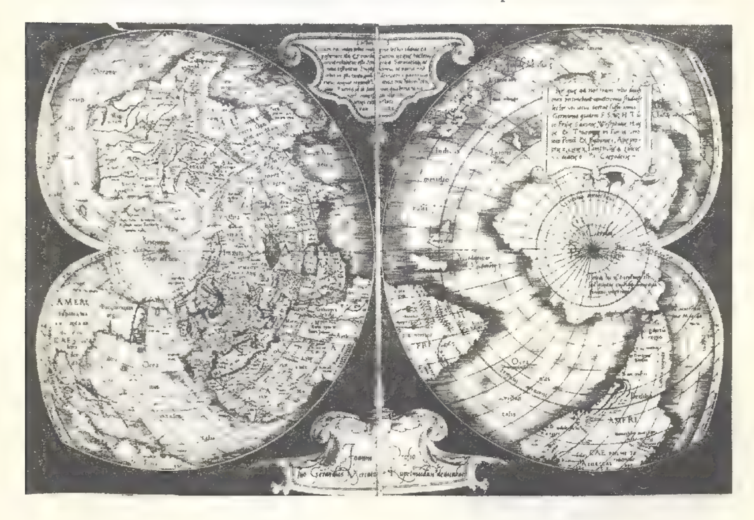
obtiene una impresión errónea acerca del tamaño verdadero de todos aquellos países que no están situados en los trópicos. Por ejemplo, el área de Canadá no es el doble de la de los Estados Unidos. Groenlandia es mucho más pequeña que Sudamérica, aunque esto no se podría deducir observando un mapa trazado por el sistema de Mercator.

En las cartas de navegación estereográficas polares, el polo es el centro de la proyección. Un mapa estereográfico polar es especialmente útil cuando en él se representa una zona de 24,000 kilómetros alrededor del polo. Más allá de esta distancia, tanto la superficie como las formas de los litorales se distorsionan.

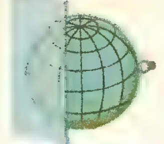
Si en una proyección el foco se encuentra en el centro del globo terráqueo, recibe el nombre de gnomónica. En un mapa trazado de esta manera los meridianos son elipses, y los paralelos son elipses o rectas, al contrario de lo que ocurre en la proyección polar, en donde los meridianos son líneas rectas, y los paralelos, círculos.

Cuando un navegante usa un mapa trazado mediante el sistema de proyección gnomónica, tira primero una línea que une los puntos de partida y de destino. Después, elige las coordenadas de diversos puntos a lo largo de su ruta en el mapa gnomónico, y las transporta a un mapa Mercator. Al unir estos puntos en este último mapa obtendrá varias rutas cortas, que se

Éste, que es uno de los primeros mapas de Mercator, muestra cómo se altera el tamaño de las zonas situadas en las latitudes más apartadas del ecuador





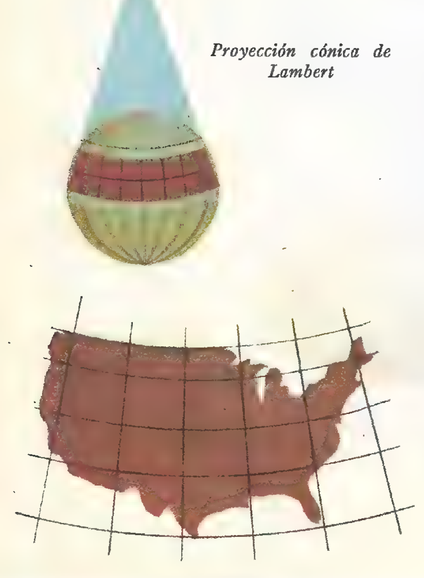




Si en una proyección el punto de vista está en el centro del globo terráqueo, recibe el nombre de proyección gnomónica

aproximan a un círculo máximo. Sólo para esto debe usarse el mapa gnomónico, pues en él no es fácil medir las distancias, y la forma de las superficies no es exacta.

En 1772, el alsaciano Johannes Heinrich Lambert decidió que se podrían hacer mejores mapas si se aplicaran las matemáticas en su trazado. Lambert decidió que todo lo que estuviese comprendido entre dos líneas —los paralelos 33º y 45º— se registrara con toda exactitud. Mercator había usado sólo una línea: el ecuador. Lambert aplicó las matemáticas en el espacio limitado por sus líneas paralelas fundamentales, de modo tal que toda esta zona tuviese un mínimo de error en su representación. El resultado fue la Proyección Cónica de Lambert, mediante la cual se logró trazar el mejor mapa de la latitud central terrestre que hasta aquel entonces se hiciera. En él se representaban fielmente las extensas superficies de Norteamérica, Europa y el Lejano Oriente.

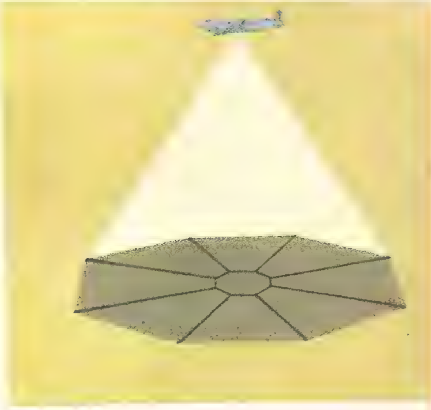


Proyección cónica de Lambert

En una carta de navegación de Lambert se pueden medir las distancias con una precisión de un 99 a un 99.5 por ciento. En ella, una distancia de 4,140 kilómetros, o sea la de Nueva York a San Francisco, tiene un error de sólo 20 kilómetros. La aproximación a la distancia real es mejor en la proyección Lambert que en la Mercator. En este último, la línea loxodrómica entre Nueva York y San Francisco se desvía 291 kilómetros de la ruta de círculo máximo. En el Lambert, la línea loxodrómica nunca se aparta más de 15 kilómetros de la ruta más corta.

Quien no posea conocimientos acerca de las proyecciones, errará fácilmente en la elección de mapa. Con uno gnomónico, acaso pierda el rumbo, y en uno de Mercator puede cometer errores de medición. Cada proyección tiene una aplicación, y se debe usar la que más convenga.

Cómo se Delinea la Tierra en un Mapa



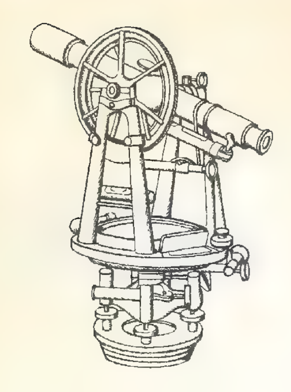
Para fotografiar superficies extensas desde el aire, se emplea una cámara de nueve objetivos

A principios de la segunda guerra mundial, los oficiales del ejército norteamericano descubrieron, para su consternación, que la mayoría de los mapas del Pacífico que obraban en su poder eran anticuados. La información, tan necesaria, acerca de los arrecifes de coral, así como de las características del litoral de las islas, no aparecía en esos mapas. No era posible enviar brigadas de topógrafos, ya que casi todas las islas estaban en manos de los japoneses. ¿Qué hacer entonces?

Se recurrió a tres fuentes de información: las bibliotecas, los misioneros y los turistas. Al comparar la información obtenida, se descubrió que se contaba con datos suficientes con los que se podían preparar mapas excelentes. Los turistas facilitaron fotografías que habían tomado en las playas de las islas remotas del Pacífico. Los misioneros describieron los senderos que usaban los aborígenes de la selva de Nueva Guinea. Se buscaron y seleccionaron folletos de viaje y libros de

Para trazar los mapas se necesita el concurso de topógrafos, exploradores y hombres de ciencia





El teodolito le sirve al topógrafo para determinar su posición, valiéndose del Sol, de la Luna o de las estrellas

lugares tan lejanos como las islas Palaos y Marianas. Ya con el material recopilado, los cartógrafos pudieron trazar nuevos mapas para uso militar.

La explotación de estas fuentes para obtener datos geográficos no es del todo nueva. Ricos y pobres, reyes y mendigos, hombres —y mujeres— de todo género han ayudado a representar los accidentes geográficos de la Tierra.

Desde tiempos remotos, los viajeros y los exploradores trazaban sus propios mapas. Los monjes, que nunca salieron de los monasterios, fueron quienes hicieron las cartas geográficas más detalladas. Reunían los datos que les proporcionaban los viajeros, como Marco Polo, y con ellos iban formando poco a poco sus mapas.

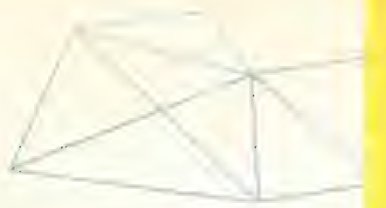
Cuando ya no había tierras que descubrir, los mapas se convirtieron en auxiliares de la búsqueda de yacimientos de petróleo. Las autoridades gubernamentales de cada país se dieron cuenta gradualmente de la necesidad de contar con mapas oficiales que fueran exactos, y con tal fin se formaron los institutos geodésicos y de estadística.

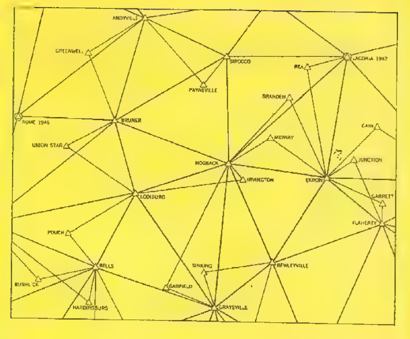
Un mapa topográfico muestra el relieve de la superficie terrestre. En él se trazan líneas de contorno y diferentes signos convencionales para mostrar la localización de las colinas, de los valles, de los ríos y de otros muchos accidentes geográficos. Los procedimientos actuales que se siguen en el trazado de los mapas demuestran el adelanto de la cartografía.

Aquellos días en que se levantaron los primeros mapas topográficos estuvieron llenos de aventuras e incidentes. Los integrantes de las brigadas topográficas afrontaban constantemente los peligros que ofrecía todo el inmenso territorio que estaba todavía sin explorar. Algunas veces, las tribus de aborígenes hostiles amenazaban su seguridad. Se viajaba en carreta y a caballo, pero los topógrafos tenían que caminar la mayor parte del tiempo.

Para hacer el levantamiento topográfico de una región, se marcaban diversas estaciones con un teodolito. Este instrumento permitía que el topógrafo estableciese su posición con la ayuda del Sol, de la Luna o de las estrellas. Al tomar estos puntos de referencia, se podía localizar la situación geográfica de los rasgos sobresalientes de la superficie terrestre. Las elevaciones del terreno se determinaban con un barómetro. La medición se efectuaba por medio de pasos, o contando el número de vueltas que daba la rueda de una carreta.

A medida que avanzaba la explora-





ción, el topógrafo unía en el mapa los distintos puntos de las diversas estaciones. Como las líneas formaban triángulos, a este tipo de levantamiento topográfico se le llamó sistema de triangulación. El topógrafo hacía bosquejos de los accidentes del terreno, tomaba medidas y hacía complejos cálculos. Ya en su oficina, durante los meses invernales, trazaba el mapa según los datos que llevaba en su cuaderno de apuntes.

Como los primeros mapas topográficos no eran exactos, y además se empleaba mucho tiempo en levantarlos, se descartó el teodolito. Su lugar lo ocupó la plancheta con alidada. Con ella se podía ejecutar simultáneamente el trabajo de campo y el trazado del plano. De esta manera se aumentó la precisión en el trazado y se disminuyó el tiempo que se empleaba en el levantamiento del plano.

Una plancheta es un tablero de dibujo, montado sobre un trípode, de modo que pueda nivelarse y hacerse girar alrededor de un eje vertical, fijándolo en una posición dada, y en el que se ejecutan a la vez el levantamiento topográfico y el trazado del mapa. Completa la plancheta una alidada, que es una regla provista de una puntilla en cada extremo, con una



Para el levantamiento de los planos topográficos se utiliza la triangulación

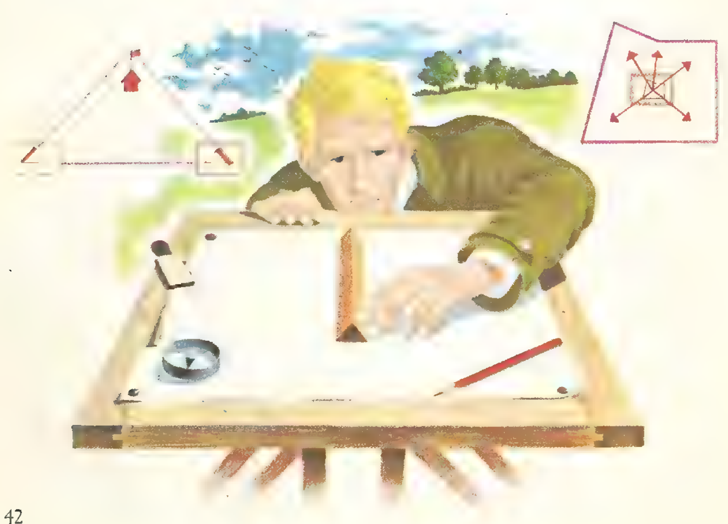
hendedura longitudinal, y que sirve para determinar la dirección de los objetos desde el punto de estación de la plancheta.

En 1934 ocurrió un cambio radical en los métodos empleados hasta entonces para el levantamiento de planos topográficos, cuando el Instituto Geodésico de los Estados Unidos decidió usar la fotografía aérea.

La comisión encargada de las obras del Valle de Tennessee solicitó del instituto que levantase el mapa de una zona de 104,000 kilómetros cuadrados. El empleo de la fotografía aérea para obtener medidas de la Tierra (la fotogrametría) data del año 1904. En aquel entonces los hermanos Wright usaron por vez primera una cámara fotográfica para efectuar levantamientos topográficos en Alaska. Desde tal fecha, se han inventado diversos instrumentos para trasladar rápidamente a los mapas la información obtenida por medio de la fotografía. Hoy día se dispone, además, de cámaras mejores.

Sin embargo, no se pueden elaborar mapas empleando la fotografía aérea sin contar con diversos puntos de referencia en la superficie terrestre. Todavía queda por hacer mucho trabajo, que los topógrafos tienen que realizar a pie. Se debe determinar la posición exacta, tanto horizontal como vertical, de los distintos lugares en cada zona que se vaya a registrar en un mapa. En la actualidad, se cuentan por decenas

La plancheta se utilizó hace tiempo para hacer levantamientos topográficos



Río permanente	Río de temporal ....
Acueducto elevado	Acueducto subterráneo .....
Pozo o manantial	Río secundario ....
Rápidos poco importantes ...	Cataratas poco importantes ..
Rápidos importantes	Cataratas importantes ......
Lago	Lago seco ....
Anteplaya	Arrecife de roca o de coral ..
Sonda — Curva de profundidad 10	Boya o poste de amarre.....
Naufragio al descubierto	Naufragio sumergido ......
Roca a flor de agua, peligrosa para la navegación	

Algunos de los signos convencionales que se emplean en los mapas

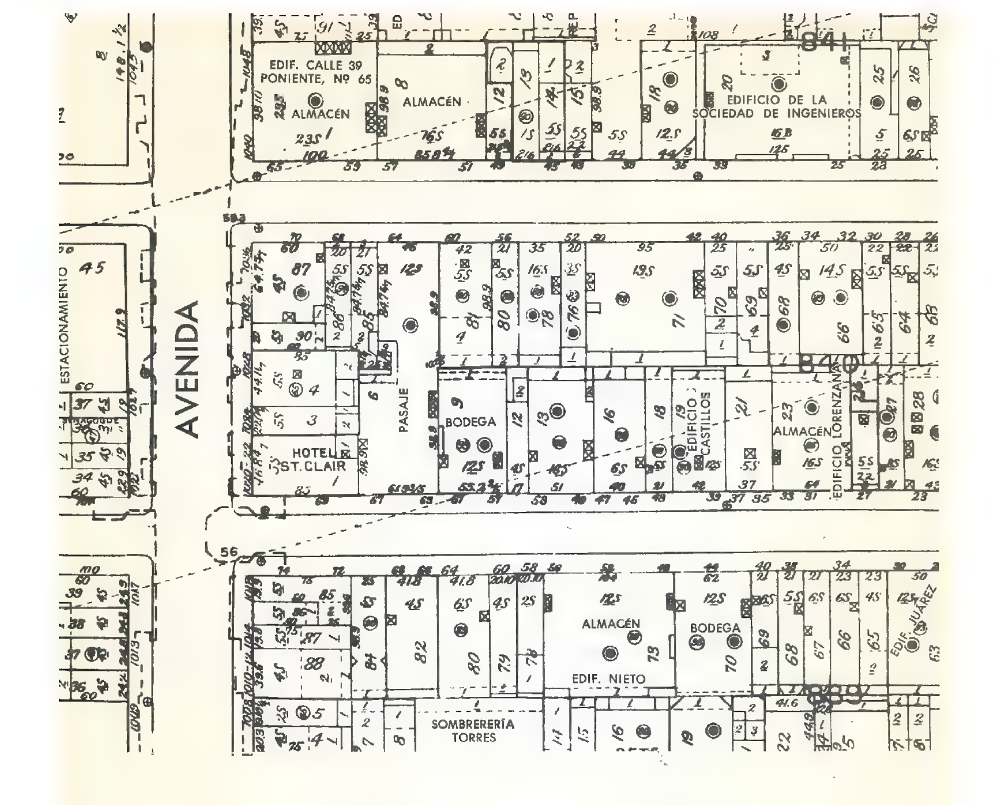
de millones, en todo el mundo, estos puntos, conocidos como estaciones y referencias de nivel.

No obstante los métodos que se emplean hoy día para trazar los mapas, poco menos de la tercera parte de la superficie del mundo está representada de una manera correcta en los mapas, en lo que a accidentes geográficos se refiere.

Los cartógrafos emplean signos convencionales para representar en los mapas los distintos accidentes geográficos. Estos signos no se asemejan, necesariamente, a la forma o al aspecto de los objetos que representan. Es más, los signos convencionales varían de un mapa a otro, y a eso se debe que cada mapa lleve la explicación de dichos símbolos.

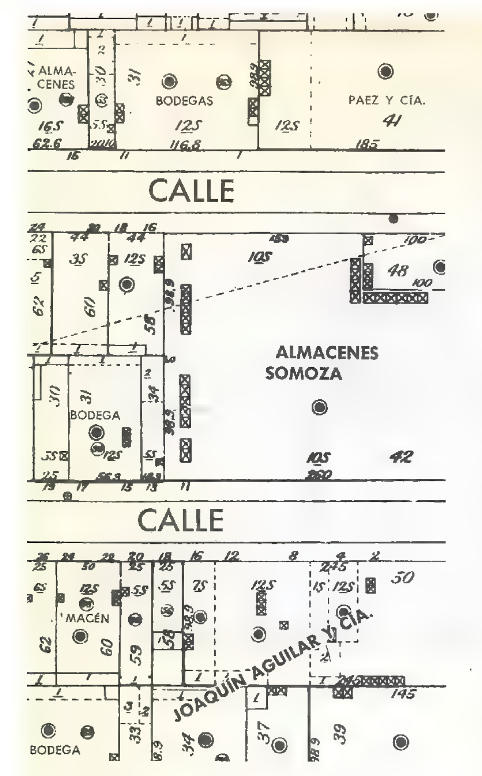
Aparte de los signos convencionales que se emplean para representar los diversos accidentes geográficos, tales como los pantanos, las montañas, los bosques, etc., los cartógrafos utilizan también signos para designar las ciudades, las carreteras, los aeropuertos, las corrientes marítimas y aéreas, los faros, los puentes, las fronteras, las vías de comunicación, etc.

Una vez que se interpretan los símbolos que aparecen en un mapa, éste se puede leer como si fuera la página de un libro, y cuantos más detalles tenga, será mejor. Cada mapa está trazado con un propósito definido. Así, en las cartas de navegación aérea se les da mayor realce tanto a aquellas zonas que ofrecen algún peligro como a las que pueden proporcionar alguna ayuda en caso de urgencia. En los mapas políticos se les da mayor importancia a las líneas divisorias, pero todo símbolo convencional es una simple señal que indica algo, sea o no visible en la superficie de la Tierra.



Los Mapas que Usamos

A cualquier lugar que vayamos, lo más probable es que encontremos un mapa o un plano. Los corredores de bienes raíces tienen planos de las calles de la ciudad. Los gerentes de ventas colocan mapas en sus oficinas, en los que señalan dónde está cada uno de sus agentes. Las compañías de seguros cuentan con planos que muestran los detalles de la construcción de los edificios que han asegurado sus dueños. En el ejército se utilizan mapas para proyectar los vuelos de práctica y las maniobras de los soldados. Los maestros usan mapas en las escuelas para enseñar a sus discípulos los datos referentes a los habitantes y los productos que hay en diversos lugares de la Tierra. Los conductores de automóviles, camiones y autobuses, llevan



En las compañías de bienes raíces se emplean planos para localizar las calles y las construcciones que circundan una propiedad

mapas de las carreteras y de los caminos. Aun en la guía telefónica aparece un mapa de la ciudad. La elaboración de mapas se ha convertido en un gran negocio.

Las empresas relacionadas con la industria automovilística hacen imprimir anualmente, con fines publicitarios, millones de mapas de las carreteras de los distintos países. Las agencias de viajes también regalan folletos en los que aparecen planos de determinadas ciudades o de los caminos y de las carreteras.

Las discusiones que se suscitan acerca de las líneas fronterizas han ocasionado muchos problemas a los cartógrafos. De igual manera, cualquier modificación que se efectúa en los linderos, tanto estatales como internacionales, implica un aumento de trabajo para quienes imprimen los mapas. Por ejemplo, durante más de medio siglo, el gobierno del estado de Texas entabló demanda contra el gobierno de los Estados Unidos disputando la posesión de unos 100,000 kilómetros cuadrados en la frontera norte del estado. La zona en disputa estaba entre los dos ramales principales del Río Rojo. Los texanos alegaban que según un tratado español fechado en 1819, el ramal septentrional de dicho río marcaba la frontera. El gobierno norteamericano aseguraba que el ramal meridional era el que la definía. En 1896, la Suprema Corte de

Una parte de la frontera septentrional del estado de Texas estuvo en disputa durante más de cincuenta años





Para mostrar los productos de las distintas regiones de un país, se emplea un tipo especial de mapas

Justicia dio su fallo en contra del estado de Texas. Fue entonces cuando los cartógrafos supieron dónde colocar la frontera en los mapas.

Terminada la primera guerra mundial, la creación de nuevos países europeos y el cambio que sufrieron los que ya existían fue tan grande que la longitud de los 13,000 kilómetros de fronteras internacionales se transformó en 16,000. En la siguiente contienda mundial, ocurrieron nuevos cambios, para desesperación de los cartógrafos.

Durante los últimos cincuenta años ha habido tantos cambios en el territorio que casi todos los atlas impresos durante este periodo se vuelven anticuados, o fuera de época, aun antes de que lleguen a las manos del público. En la actualidad, los mapas publicados en la India no concuerdan con los impresos en China. Los dos países difieren respecto a la posición de la frontera del Tíbet.

Una de las pocas fronteras que han permanecido estables desde 1925 es la que separa los Estados Unidos del Canadá. Sin embargo, los cambios que ha efectuado la mano del hombre al construir, por ejemplo, el canal de San Lorenzo, han obligado a que se tracen nuevos mapas de la zona del río San

Lorenzo, el cual forma parte de la frontera de los dos países. La construcción de la presa de Asuán, en Egipto, cambió la topografía del país. Al alterarse el cauce del Nilo, se transformó también la topografía de la República del Sudán. Por estos ejemplos se ve que cualquier alteración que se efectúe sobre la superficie de la Tierra obliga a que se tracen nuevos mapas.

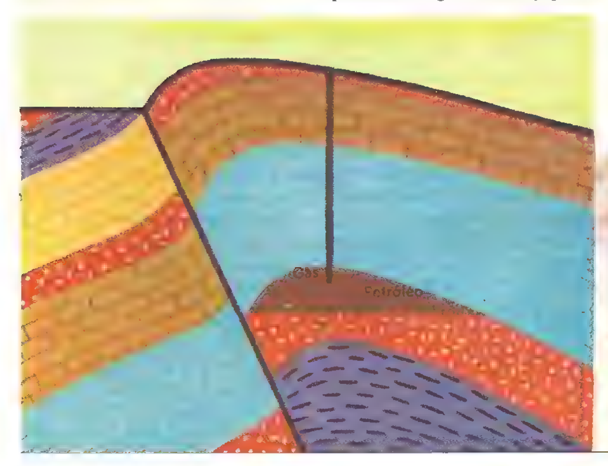
En dónde colocar una línea, qué datos se deben poner en un mapa y cuáles omitir, son los problemas que conciernen a los cartógrafos. Los habitantes de Hialeah, una pequeña ciudad de Florida, Estados Unidos, se indignaron, con justa razón, cuando en unos mapas destinados a fomentar el turismo en el estado no aparecía. No obstante que el nombre de la ciudad estaba en el índice del mapa, esto no satisfizo a nadie. Hubo quejas por doquier, y se les prometió que la omisión sería corregida en los mapas subsecuentes.

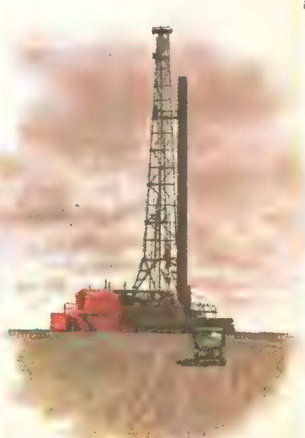
A veces, los mapas se usan con fines secundarios. En la geografía económica se utilizan para mostrar el origen de los diversos productos. Así, por ejemplo, en un mapa de este tipo del continente americano, se apreciará que en Venezuela hay petróleo, que en México existen minas de plata, que en los Estados Unidos se cultiva el tabaco y que la Argentina es rica en ganadería.

Existen ciertos dibujos que muestran el subsuelo de nuestro planeta. Los geólogos se valen de ellos para mostrar cómo están formadas las diversas capas de la Tierra. Su utilidad es grande, ya que los mineros, los que perforan los pozos petroleros, los ingenieros agrónomos, etc., los emplean ventajosamente en su trabajo.

Existen otros mapas, celosamente guardados, en los que está marcado el sistema de defensa de los sitios estratégicos de un país. La costumbre de guardar aquellos mapas que contienen algún secreto para un determi-

Los geólogos utilizan mapas de contorno para señalar las rocas y minerales que hay en el subsuelo. Este grabado es un corte transversal que indica distintos niveles donde puede haber gas natural y petróleo







Casi todos los mapas que se usan para planear la estrategia militar, miden más de seis metros de altura

nado grupo de personas, data de los tiempos más remotos. El emperador Augusto guardaba sus mapas, bajo llave, en una bóveda de su palacio, y sólo se los facilitaba a los generales o a los hombres de letras de su confianza. Hubo un tiempo en que a los capitanes de los barcos se les proporcionaban cajas forradas de plomo para que en ellas guardasen sus cartas de navegación. En caso de que un barco estuviese a punto de ser capturado, las cajas con las cartas podían arrojarse por la borda y evitar de esa manera que cayeran en manos del enemigo.

Es extraño que tal sigilo persista hoy día. El conocimiento del mundo se ha extendido tanto que casi parece imposible que aún pueda haber secretos. Sin embargo, los hay. Los secretos militares consisten, por ejemplo, en saber con exactitud la localización de las posiciones estratégicas del enemigo. Las coordenadas geográficas y la altitud de un lugar son datos de suma importancia para la tripulación de los aviones bombarderos. Aun en tiempos de paz, cada país cuenta con líneas de defensa, cuyas posiciones están marcadas en mapas, que se consideran, como es natural, mapas secretos, y se sustraen al conocimiento público.

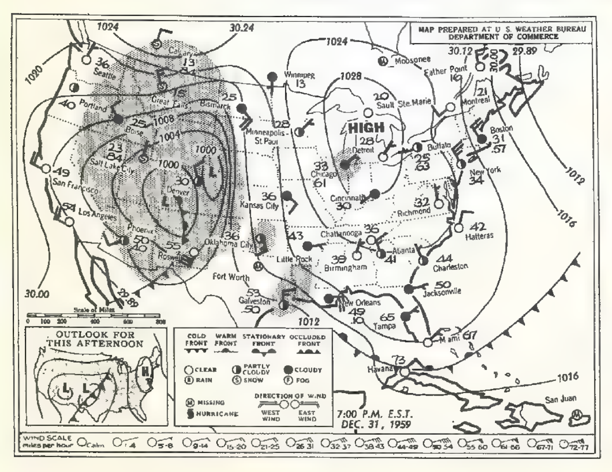
El Empleo Actual de los Mapas, y su Uso en el Futuro

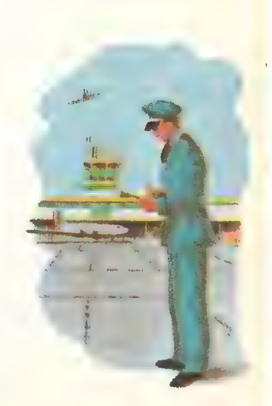


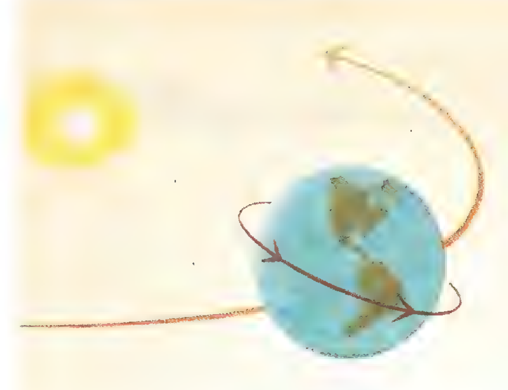
Los lagos, los ríos, las ciudades, los países, etc., tienen dos dimensiones: longitud y anchura. Durante muchos años, estas dos dimensiones eran las únicas que interesaban a los viajeros. Cuando no podían cruzar un lago o un río, escalaban las montañas, pero lo que les interesaba principalmente era la distancia más corta que existía entre dos puntos.

Para viajar, tanto en tierra como por agua, el hombre necesita mapas en los que aparezcan las distancias. Para viajar en submarino, en avión, o en alguna cápsula espacial, es necesario contar con mapas o cartas de navegación en las que se muestren, además, ya sea la altitud sobre el nivel del mar o la profundidad de los mares y los océanos. Naturalmente, el trazado de estos mapas tiene que ser efectuado con gran cuidado y precisión. Para lograrlo, hay que sondear cuidadosamente el lecho del mar, o medir con exactitud la altitud de las montañas, las ciudades, etc. Asimismo, los tripulantes de los submarinos o de los aviones deben tener cartas geográficas

En ciertos países los periódicos publican mapas para informar a sus lectores acerca de las condiciones climáticas de las distintas regiones








La Tierra gira alrededor del Sol



La Tierra gira sobre su propio eje

en las que se muestren las condiciones meteorológicas de determinada zona, o de un país en general.

En la actualidad, el trazado de los mapas se lleva a cabo mediante el uso de los satélites artificiales que giran constantemente alrededor de la Tierra, o de los diversos proyectiles que se han enviado a otros planetas y que cuentan con aparatos y cámaras especiales para fotografiar la superficie de los cuerpos celestes.

El tiempo es otro factor que se toma en cuenta para el levantamiento y el trazado de los mapas, aunque es bastante difícil mostrarlo en un mapa.

El profesor Albert Einstein indicó en cierta ocasión que el concepto que el hombre tiene acerca del espacio y del tiempo es producto de la imaginación. Según Einstein, el único espacio que pueden conocer los seres humanos es aquel que pueden medir; y el único tiempo que pueden conocer es el que marca el reloj construido por ellos. Supongamos que el universo conocido, y todo lo que comprende, disminuyera de tamaño hasta hacerse microscópico. De ocurrir esto, el hombre no estaría capacitado para registrar este cambio, ya que los aparatos de medición con que cuenta se transformarían proporcionalmente al cambio sufrido. El tiempo cambiaría también ligeramente, pero el hombre no se daría cuenta de ello. De estos cambios sólo podría darse cuenta algún observador que estuviera fuera del medio; alguien a quien no le afectaran dichos cambios. El tiempo y el espacio no son independientes entre sí. Dependen de la posición del observador. En esto está basada la famosa "teoría de la relatividad" de Einstein.

Contemplar el espacio es como echar un vistazo al pasado. Nada está donde parece estar. La luz viaja a una velocidad uniforme de 300,000 kilómetros por segundo. A esta velocidad, la luz tarda unos ocho minutos en recorrer los 149.500,000 kilómetros que es la distancia media que hay del Sol a la Tierra. La luz de la estrella más cercana a nuestro planeta tarda aproxi-



La Tierra se bambolea al girar



Los movimientos diversos de la Tierra dificultan al cartógrafo el trazado de mapas exactos

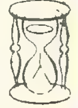
madamente unos 4.3 años en llegar hasta nosotros. Ni el Sol ni las estrellas están donde los vemos: han cambiado de posición, algunas veces a millones de kilómetros, desde el momento en que emitieron su luz hasta que la captamos.

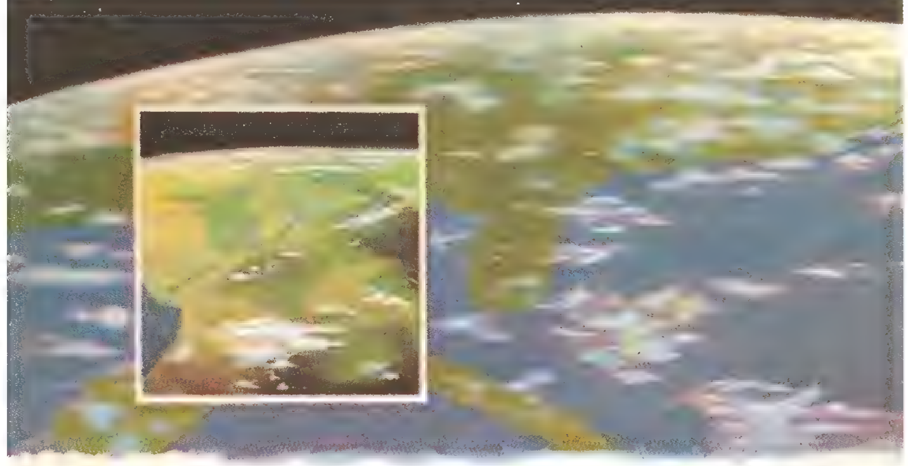
La unidad fundamental en la medida del tiempo es una rotación de la Tierra sobre su eje, o sea un día. Cada periodo de veinticuatro horas se divide en dos partes: uno de luz y otro de oscuridad. Pero en el espacio, fuera de la atmósfera terrestre, siempre está oscuro. Es como si las horas, los minutos y los segundos no tuvieran el menor significado. Y, sin embargo, es necesario contar con unidades de tiempo para medir el movimiento en el espacio. La Tierra gira sobre su propio eje, recorre una órbita alrededor del Sol, se bambolea y vaga conforme se desplaza en el espacio, igual que los planetas y las estrellas. Además del movimiento individual que tiene cada cuerpo celeste, los movimientos de uno y otro son relativos entre sí. Para determinar la posición de un cuerpo en el espacio, el cartógrafo se ve obligado a considerar que todo el sistema está inmóvil en un momento dado.

Aparte del movimiento propio de los cuerpos celestes, las grandes distancias que hay que recorrer en un viaje espacial hacen que el tiempo adquiera una gran importancia. Quienes observan un cohete que se aleja de la Tierra lo ven cada vez más pequeño, conforme aumenta la distancia. Cuanto mayores son las distancias, el tamaño relativo de los dos objetos (el cohete y el planeta Tierra) pierde importancia.

La altitud, que ha dejado de ser un factor de relación entre dichos objetos, ya no se toma en cuenta, para sustituirse por la dimensión de distancia.

¿Cómo se puede describir la posición de un cohete que se encuentra en el espacio a una persona situada en la Tierra, para que adquiera algún significado? Se puede decir que la nave espacial tiene una latitud y una longitud determinadas, por ejemplo las de





Parte de la superficie terrestre fotografiada por un satélite

la ciudad de Nueva York. A dicho vehículo se le ha situado (parcialmente) en un plano por medio de dos coordenadas. Si además se dice que está a una altitud de 1.600,000 kilómetros, se ha situado empleando una tercera coordenada (la altitud). Pero eso no es suficiente. La Tierra gira constantemente. La nave espacial podría permanecer de manera constante a 1.000,000 de kilómetros sobre la ciudad de Nueva York y, sin embargo, debido al movimiento de traslación de nuestro planeta, la nave estaría siempre en distinta posición con respeto al Sol, las estrellas y otros cuerpos celestes del sistema solar.

El tiempo nos proporciona la cuarta dimensión, que determina la posición exacta de la nave en el espacio. A las doce del mediodía del 21 de julio de 1969, la nave sólo puede estar en un lugar. Un segundo más tarde, la nave podría estar aún en la misma posición respecto a Nueva York, pero estaría, supongamos, 800 kilómetros más alejada del Sol.

Todo parece indicar que en la era espacial ya no tienen razón de existir los mapas bidimensionales. Las grandes distancias y el movimiento constante de todos los cuerpos celestes, hace que el problema del trazado de los mapas sea muy difícil de resolver. Las computadoras electrónicas y los aparatos de control remoto de los vehículos espaciales podría creerse que van a desplazar por completo los mapas bidimensionales. Sin embargo, el hombre siempre ha querido ver trazado en un mapa el punto a donde se dirige. Le gusta disponer de un mapa en el cual pueda anotar el lugar donde ha estado y su posición real. Se están tratando de perfeccionar nuevos sistemas de trazado, basados en líneas paralelas y en la proyección de los mapas. Ya se utilizan nuevas líneas de latitud y de



Continuamente se están ideando métodos nuevos para trazar mapas de la superficie terrestre. En algunas cartas espaciales se utilizan nuevas líneas de longitud y de latitud, basadas en la Vía Láctea y no en el ecuador terrestre

longitud en nuestra galaxia, usando como base el eje central de la Vía Láctea, en lugar de emplear el ecuador terrestre.

Los mapas espaciales tendrán semejanza con los planos que traza un arquitecto de cada planta de un rascacielos. Se usará un mapa para cada una de las diversas alturas, llamadas niveles. Además, los mapas sólo serán válidos por un corto lapso. Se trazarán mapas especiales, sumamente precisos, para cada vuelo espacial que el hombre intente hacer.

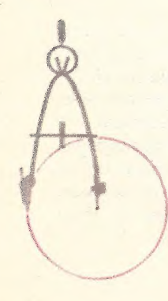
El Instituto Geodésico de los Estados Unidos imprime en una sola tirada millones de cartas de navegación aérea, y las revisa una o dos veces al año. Los mapas de la era espacial se tendrán que revisar con gran frecuencia.

Aunque se han trazado muchos mapas del lado visible de la Luna, no hay dos iguales. Los mapas de Marte concuerdan aún menos. Hasta ahora, las fotografías que se han tomado no confirman la existencia de los famosos "canales", que muchos astrónomos han trazado en los mapas de la superficie de Marte. Hasta que el hombre explore con sus naves espaciales la Luna y los planetas, no tendremos mapas precisos de ellos.

El conocimiento acerca de la forma de la Tierra y del Universo se irá profundizando. Se fundarán nuevas ciudades, y vastas redes de supercarreteras cubrirán la superficie terrestre. El viento, el agua y los demás agentes físicos modificarán la forma de la Tierra. Los mapas podrán mejorar, pero el trabajo de trazarlos no tiene fin.



Índice



RECONOCIMIENTO: Los mapas que aparecen en las páginas 6, 10, 28, 32 y 37 fueron facilitados por la Biblioteca Pública de la ciudad de Nueva York, sección de cartografía; la rosa de los vientos (inferior) de la página 19 fue tomada del mapa 223 del servicio de guardacostas norteamericano; el mapa de la página 29 se tomó del *The New York Times;* el mapa de la página 41 pertenece al servicio topográfico norteamericano; los símbolos topográficos de la página 43 se tomaron del servicio de guardacostas norteamericano; el mapa de las páginas 44 y 45 se tomó del volumen II del *Manhattan Atlas,* © C.W. Bromley & Co., Inc.; el mapa meteorológico es por cortesía del *The New York Times.*



LIBROS DE ORO DEL SABER

EL MUNDO DE LAS HORMIGAS — Las diferentes especies y cómo viven en sus colonias. Con 70 ilustraciones en colores.

EL MUNDO DE LOS INSECTOS — Hormigas, avispas, escarabajos, etc. Cómo nacen, crecen y sobreviven.

LA LUNA — Su origen, tamaño, topografía y clima. Cartas geográficas y una gran cantidad de ilustraciones en colores.

SUBMARINOS — La navegación submarina, desde el primitivo *Turtle* hasta el *Skypjack*, dotado de fuerza nuclear.

ÁTOMOS — La historia de cómo descubrió el hombre la estructura de la materia. Fotografías e ilustraciones.

AVES DEL MUNDO — Pingüinos, pelícanos, garzas, patos, cisnes, águilas, papagayos y muchas aves más.

MOTORES — Cómo ha domado el hombre la energía del viento, del agua, del vapor, de la electricidad y del átomo.

LA VIDA DE LOS REPTILES — Tortugas, caimanes, lagartos y serpientes; su forma de vida.

LOS PLANETAS—Los 9 planetas y 31 lunas de nuestro sistema solar. Con gran variedad de cartas geográficas y diagramas.

MATEMÁTICAS — Introducción al álgebra, a la geometría y a otras ramas de las matemáticas, con ejemplos instructivos.

LA VIDA DE LOS PECES — Cómo nadan, respiran, ven y sobreviven en aguas poco o muy profundas.

ROCAS — Sus procesos de formación y sus diferentes clases.

Walt Disney • ANIMALES SALVAJES DEL OESTE — Adaptado de la película de Disney "Aventuras de la vida real".

Walt Disney • EL ÁRTICO SALVAJE — Animales del Ártico, ilustraciones a colores tomadas de la película "Aventuras de la vida real".

LOS VIAJES DE LOS ANIMALES — Las rutas que siguen y las causas que los impulsan a viajar.

ENERGÍA Y POTENCIA — Cómo aprovecha el hombre las fuerzas naturales, y cómo mediante ellas, transforma al mundo.

LA VISIÓN — ¿Por qué, y cómo vemos?

LAS REGIONES POLARES — Historia y Geografía. Datos fascinantes sobre las regiones Árticas y Antártida.

LOS VUELOS ESPACIALES — La inminente y emocionante exploración del Universo.

LIFE EL MAR — Sus orígenes, las fuerzas que en él imperan y los seres que lo pueblan.

LOS PRIMEROS AUTOMÓVILES — Desde el auto de cuerda fabricado en 1649, hasta el Ford modelo T, con diagramas y planos.

LA HISTORIA DE LOS MAPAS — Cómo se ha representado el mundo, desde la antigüedad hasta la Era Espacial.

LIFE ANIMALES PREHISTÓRICOS — Los dinosaurios, así como otros reptiles y los mamíferos primitivos.

ANIMALES QUE VUELAN — Aquí se explica cómo vuelan no sólo las aves, sino ciertos peces y algunos mamíferos.


LIBROS DE ORO DEL SABER

LIBROS DE ORO DEL SABER

Libros de temas objetivos para jóvenes lectores



• Textos interesantes, instructivos y amenos • Cada libro ha sido revisado minuciosamente por un experto en la materia • Bellamente ilustrados en colores, con fotografías, dibujos, diagramas y cuadros sinópticos • Un extenso campo de fascinantes materias • Preparados bajo la dirección del doctor Herbert S. Zim, reconocida autoridad en la enseñanza de las ciencias.

Vea usted, en la página 55, la lista completa de los títulos de esta serie.



ORGANIZACION EDITORIAL NOVARO, S. A.